

THÈSES

présentées

à la Faculté des Sciences de l'Université de Nancy

pour obtenir le titre de

DOCTEUR-INGENIEUR

par

NGUYEN KHA

Ingénieur Civil des Eaux et Forêts

1^{re} THÈSE: **Les forêts de Pinus khasya et de Pinus merkusii du Centre-Vietnam. Etude de la dynamique des sols en liaison avec celle de la végétation.**

2^e THÈSE: **La restauration des terres incultes par des essences à croissance rapide au Vietnam.**

Soutenues le 30 juin 1965
devant la Commission d'examen

JURY

MM. Ph. DUCHAUFOUR	} <i>Président</i> <i>Examineurs</i>
F. MANGENOT	
E.-F. DEBAZAC	

NANCY
IMPRIMERIE GEORGES THOMAS
1966

THÈSES

présentées

à la Faculté des Sciences de l'Université de Nancy

pour obtenir le titre de

DOCTEUR-INGENIEUR

par

NGUYEN KHA

Ingénieur Civil des Eaux et Forêts

1^{re} THÈSE: **Les forêts de Pinus khasya et de Pinus merkusii du Centre-Vietnam. Etude de la dynamique des sols en liaison avec celle de la végétation.**

2^e THÈSE: **La restauration des terres incultes par des essences à croissance rapide au Vietnam.**

Soutenues le 30 juin 1965
devant la Commission d'examen

JURY

MM. Ph. DUCHAUFOUR	<i>Président</i>
F. MANGENOT	} <i>Examineurs</i>
E.-F. DEBAZAC	

NANCY
IMPRIMERIE GEORGES THOMAS
1966

Digitized by the Internet Archive
in 2026



UNIVERSITÉ DE NANCY - FACULTÉ DES SCIENCES

Doyen: M. AUBRY

Assesseur: M. GAY

Doyens honoraires

MM. CORNUBERT, DELSARTE, URION, ROUBAULT.

Professeurs honoraires

MM. CROZE, RAYBAUD, LAFFITTE, LERAY, LAPORTE, EICHHORN, GODEMENT,
DUBREUIL, L. SCHWARTZ, DIEUDONNÉ, DE MALLEMANN, LONGCHAMON, LETORT,
DODE, GAUTHIER, GOUDET, OLMER, CORNUBERT, CHAPELLE, GUÉRIN,
WAHL, ECHEVIN.

Maîtres de conférences honoraires

MM. LIENHART, PIERRET.

Professeurs

Chimie biologique	MM. URION.
Analyse supérieure	DELSARTE
Géologie	ROUBAULT
Mécanique rationnelle	CAPELLE
Biologie animale	VEILLET
Chimie théorique	BARRIOL
Physique	BIZETTE
Electronique	GUILLIEN
Chimie physique	GIBERT
Mécanique rationnelle	LEGRAS
Minéralogie	BOLFA
Chimie	NICLAUSE
Physique appliquée	FAIVRE
Chimie minérale	AUBRY
Chimie	DUVAL
Radiogéologie	COPPENS
Physique	FRUHLING
Physique expérimentale	SUHNER
Géologie	HILLY
Génie chimique	LE GOFF
Chimie biologique	CHAPON
Chimie min. industrielle	HEROLD
Exploitation minière	SCHWARTZ
Physiologie	*GAYET
Chimie	*MALAPRADE
Physique	HADNI
Mécanique appliquée	BONVALET

* Professeur à titre personnel.

Minéralogie	*KERN
Chimie	*BASTIC
Pédologie	DUCHAUFOR
Chimie organique industrielle	NEEL
Agronomie	GARNIER
Minéralogie appliquée	*WEPPE
Géologie appliquée	BERNARD
Physique	*CHAMPIER
Physico-chimie	*RÉGNIER
Chimie biologique	*GAY
Botanique	*WERNER
Zoologie	*CONDÉ
Zoologie	STEPHAN
Calcul différentiel et intégral	EYMARD
Chimie organique	LEVISALLES
Botanique	MANGENOT
Méthodes mathématiques de la Physique	M ^{me} HERVÉ

Maîtres de conférences

Mécanique physique	MM. GOSSE
Géologie	ROCCI
Psychophysiologie	UILLAUME
Chimie M.P.C. (Epinal)	M ^{me} BASTICK
Physique	GODEFIN
Physique propédeutique	HORN
Biologie animale	FRENTZ
Géologie	AUROUZE
Chimie (I.S.I.N.)	MARI
Physique (I.S.I.N.)	LAFON
Physique théorique et nucléaire	FELDEN
Physique M.C.P.	FLECHON
Métallurgie	VIGNES
Mathématiques S.P.C.N.	M ^{me} HUET
Physique du solide	DEVIO
Minéralogie appliquée (E.N.S.G.)	BLAZY
Thermodynamique chimique appliquée	BALESDENT
Physique M.P.C. (Epinal)	JANOT
Pédologie et Chimie agricole	JACQUIN
Probabilités et Statistiques	N...
Mécanique (I.S.I.N.)	N...
Physique M.G.P.	N...
Mathématiques	N...
Mécanique expérimentale	N...
Génie chimique	N...
Mathématiques propédeutiques	N...
Phytopathologie	N...
Mathématiques S.P.C.N.	N...

Avant-propos

Les forêts étudiées font partie du domaine boisé de ce qu'on appelait auparavant les « Pays Montagnards du Sud ». Elles relèvent actuellement des Divisions forestières de Dalat et de Djiring.

Certaines anciennes dénominations ont été mises à jour. La « Mer de Chine » a été désignée sous son vrai nom, le Nam-Hai, et la « Chaîne Annamitique », le Hoanh-Son.

Cependant, afin de ne pas mettre le lecteur dans l'embarras, nous avons conservé les noms géographiques qui ont été largement utilisés dans les ouvrages concernant le Vietnam, d'autant plus que ces noms, dans la nouvelle appellation, ont gardé à peu près la même consonnance. Ainsi, nous n'avons pas changé Djiring en Di-Linh, Blao en Bao-Loc, Dran en Don-Duong, Krongpha en Song-Phan, etc...

Les terrains ont été étudiés, du point de vue géologique, par E. SAURIN (1935) et le climat, par P. CARTON, E. BRUZON, A. ROMER (1940).

Les termes employés dans la description des caractères anatomiques du bois et des aiguilles ont été empruntés à H. GAUSSEN (1960) et à Mlle Y. de FERRE (1960).

Les principaux types de sols observés ont été décrits dans le cadre de la classification proposée par G. AUBERT et Ph. DUCHAUFOR (1956).

Après avoir situé le cadre au milieu duquel évoluent ces peuplements de *Pinus khasya* et de *Pinus merkusii* et après avoir fait de ces peuplements une description sommaire, mon travail proprement dit comporte une double partie :

— une Etude Statique où sont précisés, pour chaque espèce de pin en question, les aires naturelles de répartition, les caractères généraux, les caractères morphologiques des différentes parties de l'arbre, les caractères anatomiques du bois et des aiguilles,

— une Etude Dynamique consacrée spécialement au problème de l'évolution de ces peuplements et de leur origine. Un chapitre important de cette deuxième Partie est réservé à l'étude de la corrélation étroite entre la Dynamique des sols et celle de la végétation.

Les résultats des Analyses de sols sont consignés en Annexe.

*
**

Ce travail a été réalisé sous les auspices de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts dont je suis heureux de remercier ici M. le Directeur R. VINEY et M. le Sous-Directeur J. VENET qui ont bien voulu me prodiguer leurs conseils et leur encouragement.

Je suis surtout heureux de remercier mon Maître, M. le Professeur Ph. DUCHAUFOUR, Directeur du Centre de Pédologie du C.N.R.S. de Nancy qui, malgré ses lourdes tâches, m'a toujours accueilli avec une touchante sollicitude les très nombreuses fois que je l'ai consulté.

M. E.-F. DEBAZAC, Directeur de la Station d'Ecologie forestière au C.N.R.F., qui m'a suggéré l'idée de ce travail et a accepté de le superviser, a droit à mon entière gratitude.

Ma reconnaissance va également à M. le Professeur F. MANGENOT qui a pris connaissance du texte et dont les remarques m'ont été très utiles pour sa rédaction définitive.

Je n'aurai garde d'exclure de cette liste M. M. BONNEAU, Directeur de la Station de Recherches sur les Sols Forestiers et la Fertilisation, qui a gracieusement mis à ma disposition son laboratoire de Pédologie et m'a fait largement bénéficier des moyens matériels indispensables à mes analyses de sols.

Une bonne partie de ces études analytiques a été effectuée au Centre de Pédologie du C.N.R.S. grâce à M. B. SOUCHIER, Ingénieur des Eaux et Forêts, Chef du Laboratoire des sols. Comme son appui, toujours empressé et cordial, m'a été précieux et réconfortant.

M. H. POLGE, Ingénieur-Adjoint au Laboratoire de la Chaire de Technologie de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts, n'a ménagé ni son temps ni ses moyens pour me guider dans l'étude des caractéristiques physiques et mécaniques des bois. Qu'il en soit ici très chaleureusement remercié.

A M. le Directeur National des Affaires Forestières du Vietnam, M. le Directeur du Centre National de Recherches Agronomiques et Forestières de Saïgon. M. le Chef de la Station de Recherches A. et F. de Blao, MM. les Chefs de Cantonement et de Division des Affaires Forestières de Dalat et de Djiring, qu'il me soit permis de dédier ce modeste travail en hommage de ma profonde reconnaissance et de mon fidèle attachement.

I. Introduction

IMPORTANCE DU DOMAINE BOISÉ DU VIETNAM

Sur une superficie totale de 32 800 000 hectares, le Vietnam comporte à peu près 13 500 000 hectares de forêts dont 5 620 000 hectares au Sud du 17^e parallèle. Cela représente un taux de boisement d'environ 33 % par rapport à la surface du Vietnam-Sud (17 000 000 ha) [(1), 1].

Ce domaine boisé se répartit comme suit :

A. — FORÊTS HAUTES	5 140 000 ha
— Forêts de feuillus	5 015 000 ha
— Forêts de <i>Pinus khasya</i> ...	90 000 ha
— Forêts de <i>Pinus merkusii</i> ..	35 000 ha
B. — FORÊTS INONDÉES	480 000 ha
— Mangrove	280 000 ha
— Arrière-Mangrove	200 000 ha
TOTAL	5 620 000 ha

PINUS KHASYA ET PINUS MERKUSII DANS L'ÉCONOMIE FORESTIÈRE DU VIETNAM

Malgré leur faible étendue, les forêts de pins occupent une place spéciale au sein de ce domaine boisé national, d'abord par la nature de ces peuplements, ensuite par les qualités du bois résineux en tant que matière première pour la fabrication de cellulose, une industrie qui se trouve à l'heure présente en pleine voie d'expansion.

En effet, comme c'est le cas pour toutes les forêts tropicales, les forêts feuillues du Vietnam-Sud sont caractérisées par une grande hétérogénéité, et c'est à peine si le mot « jungle » qui leur est souvent associé y ajoute un sens péjoratif.

Des espèces les plus variées y voisinent sans ordre, parmi une végétation luxuriante de lianes et d'arbustes. Le sol est envahi par une couverture herbacée épaisse qui empêche les semences d'y arriver. La distribution des espèces diffère d'ailleurs radicalement d'un hectare à l'autre.

On imagine facilement les difficultés d'exploitation et de traitement de telles forêts feuillues.

Les forêts résineuses, au contraire, forment, dans les montagnes et les hauts plateaux du Vietnam Central, des peuplements purs et relativement homogènes. Si *Pinus khasya* et *Pinus merkusii* viennent parfois en mélange avec des feuillues, ces derniers comprennent seulement un nombre d'espèces restreint. Le tapis herbacé est d'ailleurs généralement lâche et peu fourni.

— Cette différence dans la nature des peuplements constitue ainsi un avantage appréciable en faveur de nos forêts de pins.

Car pour faire face à une exploitation grandissante, toutes nos forêts, feuillues ou résineuses, doivent être aménagées et soumises aux règles de la sylviculture, pour ne pas risquer de les voir s'appauvrir de façon définitive.

Or, dans leur état actuel, nos forêts feuillues ne peuvent faire du premier coup l'objet d'un aménagement, dans le vrai sens du mot. Des travaux préalables sont nécessaires. Il faudrait les équiper, les inventorier. Un travail de sélection parmi les espèces commensales devrait être réalisé artificiellement. On aboutirait peut-être dans chaque forêt à une certaine homogénéité relative avec 5, 6 espèces dominantes dont on étudiera le tempérament en vue de leur traitement.

Par chance, tout ce travail préparatoire de longue haleine n'est pas nécessaire dans nos forêts de pins, étant donné leur homogénéité relative. Voilà déjà un pas — et un grand pas — de gagné.

— D'un autre point de vue, le taux de boisement assez élevé du Vietnam-Sud (33 %) ne devrait pas donner le change à qui l'examine de plus près. Beaucoup, 30 % sinon davantage, de ces forêts feuillues sont actuellement inaccessibles à l'exploitation. Les difficultés du relief sont multipliées encore par l'insuffisance des voies de communication et des moyens de vidange.

Nos forêts résineuses, par contre, sont relativement faciles à exploiter. Quoiqu'elles se trouvent en altitude, la configuration du terrain se prête bien à la mécanisation de l'exploitation comme de la vidange et du transport.

— Quant au bois de pin, on sait qu'il existe toute une série de genres d'utilisation pour lesquels il est préférable d'employer le pin que le bois feuillu de plus grande valeur : bois de caisserie, matériaux légers de construction et de revêtement, etc... Même pour les emplois plus nobles, les expériences ont prouvé que le bois de pin imprégné soutient aisément la comparaison avec les bois feuillues les meilleurs.

En tout cas, étant donné l'augmentation en flèche de la consommation tant du bois de chauffage que du bois d'œuvre en relation directe avec l'accroissement continu de la population [(73), 21],

étant donné d'autre part l'orientation générale des futurs besoins de bois du pays qui se prononcent surtout pour les industries de cellulose et de papier, de laine et de fibres de bois, nous pensons que les bois de *Pinus khasya* et *Pinus merkusii* sont appelés à jouer un rôle primordial dans l'économie forestière du pays.

PINUS KHASYA ET PINUS MERKUSII
DANS LES ESSAIS D'INTRODUCTION
EN ZONES TROPICALE ET SUBTROPICALE

Nous devons d'ailleurs signaler qu'en dehors du Vietnam, *P. khasya* et *P. merkusii*, en tant que conifères, occupent une place qui est loin d'être négligeable dans l'économie forestière intertropicale.

Les besoins en cellulose et en papier qui augmentent tous les ans dans le monde donnent une importance de plus en plus grande aux essences productrices de bois à longue fibre. Et bon nombre de pays tropicaux qui n'en sont pas bien pourvus, ont été amenés à entreprendre un vaste mouvement d'afforestation intensive à l'aide de conifères pour augmenter leur production à partir de ressources locales et faire face à un déficit en papier toujours croissant.

Or *Pinus khasya* et *Pinus merkusii*, en raison de leurs caractéristiques favorables, ont été justement très en faveur dans ces essais d'introduction.

Pinus merkusii fut découvert en 1841 par JUNGHUHN, au cours d'un de ses voyages au Nord de Sumatra. Il reçut son nom d'après celui de « Merkus », alors Gouverneur Général des Indes Néerlandaises.

D'après J.-H. BECKING [15], les premières plantations à Sumatra ont été faites en 1925 aux environs du lac Toba. Elles couvrent actuellement d'importantes surfaces.

Par suite de son excellente production de résine et de sa bonne aptitude à repeupler les espaces vides, cette essence fut largement utilisée avec succès en dehors de sa patrie, à Java, à Bali, aux Célèbes du Sud, et aussi à Queensland, en Australie.

Comparant entre elles les graines de différentes provenances, U. AUNG DIN trouve qu'en Malaisie les graines de Sumatra donnent des résultats médiocres malgré une croissance rapide dans le jeune âge. Les graines de Java, par contre, donnent de meilleurs résultats [(13), 128].

Introduit en Afrique du Sud et à Madagascar, *Pinus merkusii* réussit très bien sur les régions chaudes et humides.

Dans une récente tournée effectuée en 1964 en Afrique Centrale et en Afrique du Sud, Alan F.-A. LAMB a fait également des études de ce genre. Cet auteur constate que les graines de Sumatra semblent mieux convenir aux régions du lac de Victoria, de Landu,

de Lushoto, tandis que celles du Vietnam conviendraient mieux au Nord de Transvaal, de même à la Rhodésie du Nord et à la Rhodésie du Sud.

Vu la rareté des conifères sous les Tropiques, l'importance de *Pinus merkusii* s'est de plus en plus affirmée dans le courant des années. Il n'est pas jusqu'à l'Amérique du Sud qui ne s'y intéresse, particulièrement au Brésil du Sud, dans la région du « Pin de Parana » (*Araucaria angustifolia*).

Quoique moins remarquable que son voisin, *P. khasya* a également fait l'objet de nombreux essais d'introduction en zone tropicale et s'est révélé parfaitement apte au reboisement comme à l'enrênement des forêts naturelles.

Introduit dès 1894 en Afrique du Sud qui, comme on le sait, ne possède aucune espèce de pin à l'état spontané, *P. khasya* y est maintenant largement représenté dans plusieurs pays. Certaines plantations sont déjà assez anciennes pour être à même de permettre des comparaisons significatives entre diverses provenances.

Ainsi A.-F.-A. LAMB constate qu'en Rhodésie du Nord, les graines en provenance des Philippines donnent les plus beaux arbres, puis viennent ceux en provenance de l'ancienne Indochine. Les formes des arbres issus de graines en provenance d'Assam ou de Thaïlande sont nettement plus mauvaises [(83), 2].

Quant aux possibilités de résistance à la sécheresse, les jeunes semis de *P. khasya* supportent sans dommage la saison sèche à Dole Hill (Rhodésie du Nord), alors qu'en même temps ceux de *P. patula* ont tous succombé [(83), 11].

Plusieurs plantations de *Pinus khasya* se sont révélées très intéressantes au point de vue vitesse de croissance de l'arbre et sont déjà susceptibles de donner des produits de qualité commerciale. U. AUNG DIN a estimé la croissance moyenne annuelle en hauteur de ces arbres à 61-91 cm, et la production moyenne annuelle à 10-14 m³ par ha et par an, ce qui fait penser que *P. khasya* est une espèce de reboisement vraiment toute désignée pour les altitudes comprises entre 1 000 et 2 000 m, en Afrique tropicale.

On ne doit surtout pas oublier que *P. khasya* est plutôt une essence d'altitude. C'est en méconnaissant cette règle que des essais d'introduction de *P. khasya* à basse altitude se sont soldés à Bornéo par un échec. Il en a été de même aux Iles Fidji (Mélanésie) [(13), 129].

L'un des principes essentiels qui devraient en effet présider à l'introduction de nouvelles espèces en zone tropicale c'est l'analogie entre les différents facteurs écologiques de leur nouvel habitat et ceux de leur pays d'origine.

Heureusement — et c'est cela qui a beaucoup contribué à l'extension de *P. merkusii* et de *P. khasya* dans la zone tropicale — les pins qui nous intéressent sont des espèces collectives dont l'aire

naturelle de dispersion est très vaste. Il est pratiquement toujours possible de trouver, parmi la gamme de stations variées à l'intérieur de cette aire, une zone dont les caractéristiques climatiques, édaphiques, biologiques, etc... se rapprochent suffisamment de celles du lieu de culture et d'assurer ainsi à ces travaux le maximum de chances de réussite.

II. Aperçu d'ensemble

Les hauts plateaux et les montagnes du Centre-Vietnam, qui constituent l'aire de dispersion principale de *Pinus khasya* et de *Pinus merkusii* au Vietnam, comprennent essentiellement les deux provinces du Lam Dong (ex Haut-Donnaï) et du Tuyen duc (ex Langbian), ainsi que le territoire de la ville de Dalat.

La région en question présente une certaine unité relative. Elle le doit surtout aux traits communs que présentent :

- son relief,
- son hydrographie,
- son climat,
- sa formation géologique,

ainsi que sa population et ses modes de cultures.

— Tout cela comporte naturellement des incidences sur la végétation qui en est le dénominateur commun. C'est la grande zone des forêts de *Pinus khasya* et *Pinus merkusii* qu'on ne retrouve en peuplements étendus nulle part ailleurs au Vietnam et qui, par leur port élancé, leur aspect particulier et l'odeur de leur résine, tranchent sur le reste de la forêt vietnamienne et font la caractéristique de cette région.

CHAPITRE I

LE CADRE

A. — Le milieu physique

1. — RELIEF

Le relief de tout le Centre-Vietnam est dominé par la présence de la Cordillère Hoanh Son qui s'allonge parallèlement à la région côtière, et les pays montagnards qui nous intéressent en occupent le versant occidental.

Il est classique d'opposer les deux versants de cette Chaîne. Tandis que la pente donnant sur la mer Nam Hai est particulièrement rapide, celle qui se prolonge à l'Ouest jusqu'au bassin du Mékong est caractérisée par des sommets arrondis et des reliefs amoindris.

La région étudiée constitue la partie la plus méridionale du Hoanh Son dont les traits principaux du relief actuel sont dus surtout à des mouvements de surrection à la fin du Tertiaire.

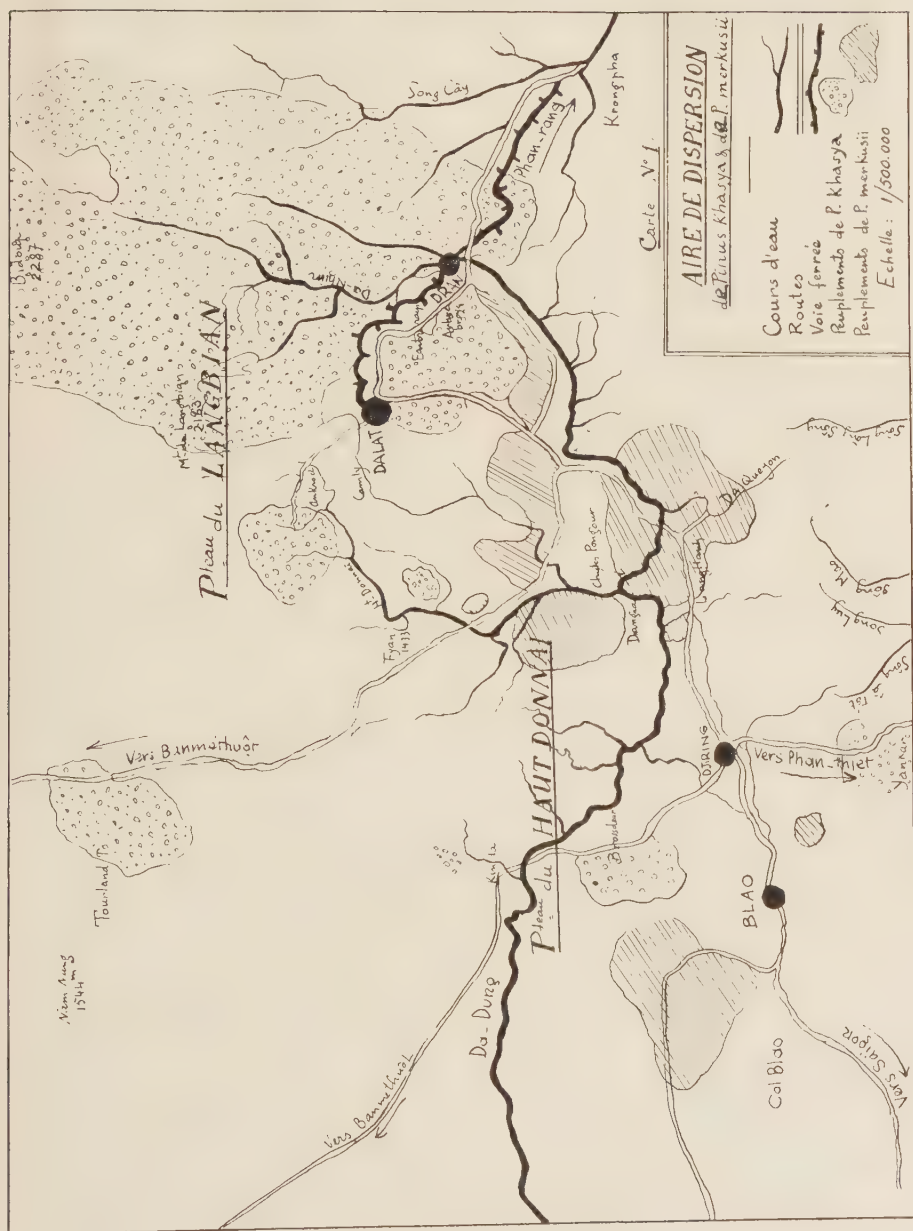
On y distingue toute une série de plates-formes étagées dont l'étendue correspond précisément à l'amplitude de ces mouvements orogéniques.

A partir du niveau de la mer, l'altitude atteint rapidement 1 000 mètres, va croissant du Sud au Nord pour dépasser 2 000 mètres au niveau de Bidoup.

Entre les cols de Bellevue et de M'Drak s'avance un large contrefort qui constitue le *plateau du Langbian*, centre de dispersion de *Pinus khasya*.

Ce plateau culmine à 2 163 m au pic du Langbian, à 2 287 m au Bidoup et à 2 405 m au Chu Yang Sinh, mais son altitude moyenne est aux environs de 1 500 m seulement (voir Carte n° 1).

Ce système de contreforts est tout d'abord dirigé vers l'Ouest, s'infléchit ensuite vers le Sud-Ouest et s'arrondit en un vaste mouvement semi-circulaire, parsemé sur son trajet de montagnes plus ou moins hautes, atteignant 1 433 m à Fyan et 1 544 m à la Nam Nung. C'est dans ce mouvement semi-circulaire qu'il englobe le *plateau du Haut-Donnai* qui en occupe le centre et qui constitue l'habitat naturel de *Pinus merkusii*.



Ce dernier plateau contraste avec le précédent par son caractère presque uniforme, quasi-horizontale et son altitude plus basse. Il est peu accidenté, très peu mamelonné, et passe insensiblement de 750 m à Blao à 1 020 m à Dran.

2. — HYDROGRAPHIE

a) *Orientation.*

L'orientation de la Cordillère Hoanh Son dans le sens du littoral et l'étroitesse de la vallée qui longe la côte : voilà les deux facteurs essentiels qui expliquent l'origine et les caractères des cours d'eau du Centre-Vietnam en général, des plateaux du Langbian et du Haut-Donnai en particulier.

A partir de la ligne de partage des eaux, on distingue d'un côté les rivières se jetant dans la mer Nam Hai et, de l'autre, les affluents du Mékong, les premières n'étant souvent que de simples torrents très courts là où la ligne de crête du Hoanh Son se rapproche de la mer et tombe à pic sur celle-ci.

Ce schéma est vrai en général. Mais du fait qu'elle se trouve à l'extrême Sud de la Cordillère, la région étudiée présente une légère variante dans son système de répartition des eaux.

Au lieu de deux groupes de cours d'eau assez bien définis, l'un à l'Est, l'autre à l'Ouest de la ligne de crête, on y distingue plutôt trois systèmes hydrographiques différents :

1° Le système oriental comprend comme normalement des rivières qui prennent naissance à la ligne de crête de la Cordillère et drainent les montagnes situées à l'Est de cette ligne. Ce sont :

- le Song Cai, ou rivière de Nhatrang,
- le Song Cáy avec son affluent le Song Lu à Phaurang,
- le Sông Lồng Sông à Tuyphong,
- le Sông Mao, le Sông Cà Tôt et le Sông Luy

qui se jettent d'ailleurs l'un dans l'autre à quelque trente kilomètres avant d'atteindre la mer, à Hoa da.

Ces rivières n'intéressent en général la région qui nous occupe que par leur bassin supérieur, et d'ailleurs sur une très faible étendue.

2° Les affluents du Mékong partent également de cette même ligne de crête. Le Dak Krong Kap prend directement sa source au massif du Langbian, près de Bidoup, tandis que son confluent de gauche descend des appendices méridionaux de ce même massif. Les deux se réunissent pour former l'Ea Krong qui, grossi d'une multitude d'autres petits affluents venant du Chu Yang Sinh ou de la partie septentrionale du massif du Langbian, va donner naissance au Srépok.

Tous ces cours d'eau desservent ainsi abondamment toute la région située à l'Ouest de la Cordillère.

3° Enfin, ce qui apporte une variante dans le système hydrographique de cette zone, c'est le Da Dung ou Haut-Donnaï qui tranche sur le reste et par son origine et par son orientation.

Le Da Dung n'est pas formé par les cours d'eau tributaires de la Cordillère. Il puise sa source dans le massif du Langbian il est vrai, mais ce sont les rivières qui descendent des lignes de crête entourant le plateau du Haut-Donnaï qui lui donnent son individualité propre.

Alors que son affluent, le Camly, et lui-même naissent au Pic du Langbian, et drainent tout le plateau de même nom, le Da nhim, autre affluent de gauche, descend du Bidoup et ne fait que contourner le plateau du Langbian sans le traverser.

Tributaire pour une grande part des eaux venant des massifs entourant le plateau du Haut-Donnaï, le Da Dung va lui en faire largement retour en le drainant d'abord du Nord au Sud, avec le Da nhim, puis de l'Est à l'Ouest, après avoir capté, au niveau de Langbian, toutes les eaux venant de ses trois affluents: le Da Quyeon, le Camly et le Da nhim.

Mais face, à l'Ouest, aux coulées basaltiques qu'il ne peut franchir, le Da Dung s'incurve en direction du S.W. pour se jeter finalement dans la mer du Nam Hai, au S.E.

b) *Caractères généraux.*

Sur les terrains granitiques des régions au Nord et au Nord-Est de Dalat, ces cours d'eau sont coupés souvent de chutes, de rapides ou de cascades. Ils coulent dans des gorges profondes, au lit rocheux, entre des vallées particulièrement encaissées.

Ce relief tourmenté constitue souvent un handicap pour l'installation des voies de communication d'autant plus sérieux que le bassin supérieur de tous ces cours d'eau comporte une multitude de ramifications à l'infini.

Les plateaux basaltiques du Sud entretiennent un réseau peu ramifié, l'encadrement montagneux leur offrant une protection plus efficace contre l'érosion. Mais les vallées sont souvent interrompues par des dépressions dans lesquelles les eaux des nappes phréatiques s'évalent, formant ainsi des marécages, souvent difficiles à traverser.

c) *Régime des eaux.*

Tous ces cours d'eau sont caractérisés par leur faible débit.

Néanmoins, étant donné le caractère très contrasté du climat de mousson auquel ils sont tous soumis, leur régime hydrique est très irrégulier.

Réduits en saison sèche à un mince filet d'eau coulant entre deux rives anormalement profondes, ils s'élargissent démesurément en saison de pluies et le moindre ruisseau de montagne devient alors un torrent violent.

Les cours d'eau qui descendent des hauts massifs granitiques de Langbian ont néanmoins un débit légèrement mieux soutenu en hiver que ceux du plateau basaltique du Haut-Donnai. Ces derniers ont des eaux très basses en saison sèche. Mais l'augmentation de leur débit est beaucoup plus brutale en saison des pluies.

Ces différences s'expliquent peut-être par l'abondance des précipitations occultes qui constituent une source d'humidité supplémentaire sur les sommets, en saison sèche. A basse altitude, on ne peut compter que sur les pluies. Et comme le drainage se fait mal sur les terrains basaltiques, les terres sont gorgées d'eau pendant la saison des pluies mais totalement desséchées en hiver.

Cette opposition se traduit d'ailleurs par la présence d'une abondante végétation feuillue sur les berges des premiers, alors que les abords des cours d'eau en région basaltique offrent généralement un paysage très aride.

3. — GÉOLOGIE

a) *Principaux affleurements* (voir Carte n° 2).

1° *Plateau du Langbian*. Les roches cristallines constituent la masse la plus importante du plateau du Langbian.

Les granites hercyniens constituent trois massifs d'importance inégale :

- le massif de Krong pha au Sud-Est,
- le noyau central de Dalat,
- enfin, la masse la plus considérable qui s'étend du Sud au Nord depuis les montagnes de Fyan jusqu'au Chu Yang Sinh.

Les dacites permienes émergent maintenant sur les hauts plateaux parsemés de sommets, tels que :

- le pic du Langbian,
- le massif de Bidoup,
- la région de l'Arbre broyé,
- le plateau de Fyan,
- et, plus au Nord, le plateau de B'klong.

Les rhyolites sont représentés aux Entrerays et, les microgranites, aux environs de Kinda.

Signalons également plusieurs noyaux d'andésites incrustés au sein des massifs granitiques de Krongpha et de Chu Yang Sinh,

A côté de ces roches dures qui se retrouvent sur les reliefs dominant le plateau et où une érosion permanente donne des sols jeunes, sans cesse remaniés, la « série de Dalat » fait contraste avec son relief surbaissé, ses sols très profonds, argileux, compacts, souvent imperméables. Elle est formée plutôt par des roches cristallophylliennes : des schistes et des quartzites métamorphisés, datant du début de l'ère primaire et formant le substratum profond de la plus grande partie de ces hauts plateaux de l'Ouest.

2° *Plateau du Haut-Donnaï*. La plus grande partie de ce plateau est couverte de laves basaltiques datant de la fin du Tertiaire.

Mais des schistes, plus ou moins gréseux, métamorphisés par contact de granite hercynien, constituent le surbassement d'une bonne partie du plateau du Haut-Donnaï.

— Schistes et phanites du Dévonien et de l'anthracolithique inférieur, dans la partie méridionale du plateau.

— Grès et schistes gréseux de l'anthracolithique moyen et supérieur, dans la partie septentrionale.

Signalons également des argiles néogènes lacustres au S.W. de Djiring. En outre, les alluvions récentes du Dadung, du Camly et du Danhim couvrent également une superficie importante.

Les terres basaltiques de l'ensemble ne sont pas très évoluées et pas très profondes. Dans le secteur de Blao, on a partout un horizon à concrétions à faible profondeur et les affleurements de cuirasse sont assez fréquents.

b) *Stratigraphie*.

La série stratigraphique est la suivante :

Précambien: Formation d'un vieux socle cristallin.

Cambien: Schistes, quartzites, andésites et conglomérat métamorphisés de la « série de Dalat ».

Silurien: Formation du « môle ancien de l'Indochine du Centre et du Sud » avec le plissement calédonien.

Dévonien et anthracolithique inférieur: Schistes et phanites métamorphisés de la partie méridionale du plateau du Haut-Donnaï.

Anthracolithique moyen et supérieur: Grès et schistes gréseux de la partie septentrionale du plateau du Haut-Donnaï.

Granite hercynien à Krongpha, au Chu Yang Sing, à Dalat, à Fyan, à la Nam Nung.

Andésites, dacites, rhyolites au pic du Langbian, au massif de Bidoup, à l'Arbre broyé, à Fyan, au B'klong.

Lias: Argiles néogènes lacustres à distomées et bois fossiles des environs de Djiring.

Pliocène: Coulées basaltiques récentes constituant les grands plateaux du Haut-Donnaï.

4. — CLIMAT

Aperçu d'ensemble. Dalat se trouve à $11^{\circ}57$ de latitude nord et à 1 500 m d'altitude.

Ses principales données climatiques.:

1 829 mm de précipitations annuelles,

une courte saison sèche de 4 mois,

et une température moyenne annuelle de $19^{\circ}1$

la situent à première vue dans la zone de climat tropical humide et de la forêt dense tropophile.

Djiring, à 972 m d'altitude et à $11^{\circ}34$ de latitude nord, présente par contre une saison sèche un peu plus longue (5 mois), avec :

$21^{\circ}5$ de température moyenne annuelle,

et 2 059 mm de précipitations atmosphériques.

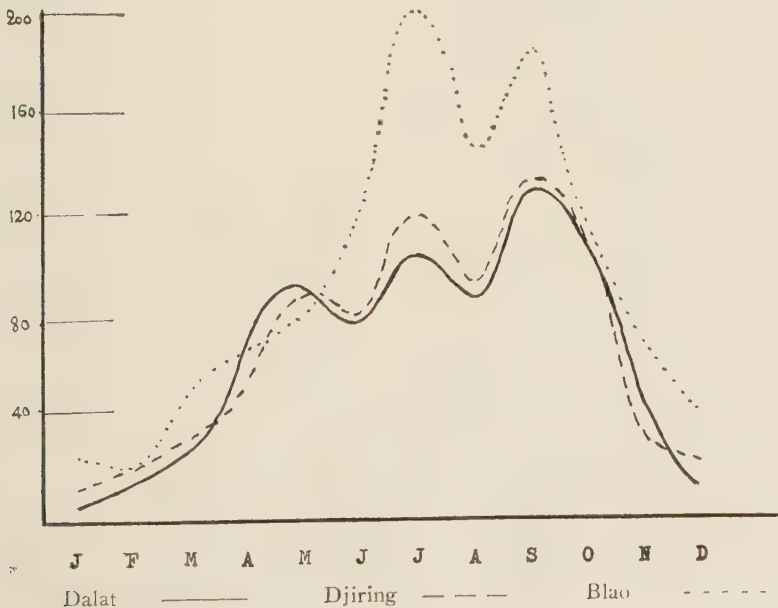
Mais ce schéma général comportera des variantes plus ou moins sensibles en fonction du relief, de l'exposition, de la distance à la mer, et surtout du régime des moussons qui est la caractéristique de tous les pays de l'Asie du Sud-Est.

a) *La pluviométrie.*

Le régime des pluies est avant tout sous la dépendance des vents de mousson.

GRAPHIQUE n° 1

Graphique représentant les variations des indices d'aridité mensuels le long de l'année



L'existence de vents saisonniers soufflant régulièrement, l'hiver du continent vers les océans, et l'été des océans vers le continent, provoque ainsi deux saisons bien nettes :

— une saison sèche, de novembre à avril, déterminée par la mousson d'hiver qui, venant du Nord-Est, est peu chargée de vapeurs d'eau ;

— et une saison des pluies, de mai à octobre, déterminée par la mousson d'été qui, alors, est très humide car elle souffle de l'océan.

Ce régime pluviométrique participe également du régime équatorial du Sud de la Péninsule qui comporte deux maxima de précipitations annuelles séparés par une courte saison sèche dans le courant de la saison humide. Ceci est vrai surtout pour Blao qui se trouve le plus au Sud. Ce minimum estival est moins accusé pour les stations de Dalat et de Djiring (voir graphique n° 1).

TABLEAU n° 1
Détail des précipitations annuelles en diverses stations.

Stations		Dalat	Djiring	Blao
		—	—	—
Janvier	H	8	25	53
	J	3	4	6
Février	H	26	41	46
	J	4	4	6
Mars	H	50	77	132
	J	6	5	11
Avril	H	170	144	176
	J	13	12	12
Mai	H	224	232	214
	J	18	19	21
Juin	H	194	217	305
	J	20	20	22
Juillet	H	250	313	541
	J	23	23	27
Août	H	203	242	374
	J	22	22	25
Septembre	H	216	350	481
	J	25	18	26
Octobre	H	258	274	303
	J	19	19	23
Novembre	H	101	91	161
	J	11	10	14
Décembre	H	29	53	95
	J	6	7	10
Totaux	H	1829	2059	2881
	J	170	163	203

Outre le régime des moussons, le relief et le voisinage de la mer conditionnent aussi largement la répartition et l'abondance des précipitations.

Ainsi, l'augmentation progressive de l'altitude du Sud au Nord explique que Blao, à 850 m d'altitude, dominant un avant-pays uniformément plat et se trouvant ainsi directement exposé au souffle de la mousson d'été, reçoit annuellement les plus fortes quantités de pluie avec 2 881 mm.

Djiring, à 36 km à l'Est, n'en reçoit plus que 2 059 mm.

Enfin, Langhanh, situé sur une zone relativement sèche séparant Dalat de Djiring, se trouve beaucoup moins arrosé (1 650 mm).

Quant à la station de Dalat, elle reçoit pour sa part 1 829 m d'eau par an. Compte tenu de son altitude, la hauteur des précipitations devrait être supérieure, sans l'influence déterminante de l'exposition.

De même, les vents du Nord déversent sur les premiers contre-forts qui lui font obstacle d'abondantes quantités d'eau qu'ils ont accumulées en traversant la mer Nam Hai et le Golfe du Nord. Ainsi, les versants montagneux du N.E. de Dalat : les massifs du Bidoup et de la Nam Nung, sont toujours les zones les plus arrosées de tout le plateau du Langbian (moyenne supérieure à 3 500 mm).

Nous donnons (cf. Tableau n° 1) d'après P. CARTON, la hauteur des pluies et le nombre de jours de pluie des diverses stations qui nous intéressent [(22), 71].

b) *L'humidité atmosphérique et les précipitations occultes.*

La variation annuelle de l'humidité relative est fonction à la fois de la température et du régime pluviométrique. Elle varie en sens inverse de la température, mais dans le même sens que la pluviométrie.

Ici encore il faut noter l'influence prépondérante de la mousson qui agit concurremment avec l'exposition et le relief.

Les versants exposés à la mousson du N.E. sont toujours très humides. Les condensations matinales y sont extrêmement fortes. Le massif du Bidoup, par exemple, baigne continuellement dans une mer de brouillard, même en saison sèche. Par contre, les plateaux encadrés par ces hauteurs ont un état hygrométrique assez bas le long de l'année.

De même que l'exposition, le relief exerce une influence non négligeable.

Dalat, avec une moyenne annuelle de 84,3 %, tend à se rapprocher de Blao qui accuse une moyenne annuelle de 86,5 %. Et pourtant la station de Dalat reçoit annuellement environ 1 000 mm d'eau de moins que Blao : ces chiffres font ressortir l'humidité exceptionnelle qui règne sur les altitudes élevées. En saison sèche, les précipitations occultes qu'elle reçoit grâce à son altitude compensent largement les faibles chutes de pluie et contribuent à y maintenir une forte humidité relative en toute saison.

Djiring, au contraire, dominé par les hauteurs environnantes, présente une moyenne annuelle plus faible: 82,8 %.

c) *La température.*

La température moyenne annuelle, qui est aux environs de 27° au niveau de la mer, diminue en moyenne de 0°6 lorsque l'altitude augmente de 100 m. La vitesse de chute thermique varie suivant les saisons, elle est plus faible en été. Elle varie aussi selon les facteurs locaux. Elle devient plus faible aux hautes altitudes où l'humidité atmosphérique semble jouer le rôle de volant thermique.

Les chiffres relevés sur le tableau comparatif n° 2 et qui sont empruntés à P. CARTON, E. BRUZON et A. ROMER [(22), 51], montrent nettement cette double tendance.

TABLEAU n° 2

Variations de température moyenne annuelle
avec l'altitude et vitesse de chute thermique suivant les saisons

Stations	Blao —	Djiring —	Dalat —
Altitude (en m)	850	972	1500
T ₀ m (en deg. C)	21,7	21,5	19,1
Stations repère	Phanthiet	Phanthiet	Djiring
T ₀ m (en deg. C)	27,1	27,1	21,5
Gradient de diminution de T ₀ :			
Saison sèche	0,80	0,68	0,60
Saison des pluies	0,66	0,62	0,3

Amplitude moyenne annuelle. C'est l'une des caractéristiques du climat tropical d'être assez uniforme le long de l'année. Les variations entre la température moyenne du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid restent assez faibles. Les amplitudes moyennes annuelles sont de:

3° à Blao,	avec janvier	comme mois le plus froid (20° C)
	et mai	comme mois le plus chaud (23° C)
3°2 à Djiring,	avec décembre	comme mois le plus froid (19°8 C)
	et avril	comme mois le plus chaud (23° C)
3°4 à Dalat,	avec janvier	comme mois le plus froid (17°2 C)
	et mai	comme mois le plus chaud (20°6 C)

Amplitude diurne. Mais les amplitudes moyennes qui traduisent les variations diurnes de la température sont déjà plus sensibles avec 9°8 C à Blao, 9°6 C à Djiring et 11°5 C à Dalat.

TABLEAU n° 3

Comparaison entre les minima
observés au cours des différents mois de l'année

	Dalat	Djiring	Blaio
	—	—	—
Janvier	—0,1	5,1	6,6
Février	—0,6	9,7	8,5
Mars	4,2	10,9	9,6
Avril	4	12,4	12,4
Mai	10	16,1	15,1
Juin	10,9	15,9	15,9
Juillet	10,4	15,1	14,6
Août	10,6	15,1	14,7
Septembre	10,4	15,7	14,1
Octobre	8,1	11,8	12,1
Novembre	4,4	10,6	10,4
Décembre	2,6	5,2	4,2

TABLEAU n° 4

Tableau récapitulatif des principales données climatologiques

Stations	Banmethuot	Dalat	Djiring	Blaio
	—	—	—	—
Altitude	461	1500	972	850
Latitude Nord	12°36'	11°57'	11°34'	11°28'
Moyenne annuelle	24,6	19,1	21,5	21,7
Moyenne annuelle des maxima	29,2	24,8	26,3	26,6
Moyenne annuelle des minima	20,0	13,3	16,7	16,8
Amplitude de moyenne	9,2	11,5	9,6	9,8
Moyenne mensuelle la plus élevée ..	{ 27,0 avril	{ 20,6 mai	{ 23,0 avril	{ 23,0 mai
Moyenne mensuelle la plus basse ..	{ 22,0 janv.	{ 17,2 janv.	{ 19,8 déc.	{ 20,0 janv.
Amplitude de moyenne annuelle	5,0	3,4	3,2	3,0
Maxima absolus	39,4	31,5	32,5	32,0
Minima absolus	9,6	—0,6	5,1	4,2
Amplitude absolue	29,8	32,1	27,4	27,8

Dalat connaît parfois des écarts de température de l'ordre de 20° C au cours d'une même journée. En saison sèche, les gelées blanches n'y sont pas rares et les minima sont souvent voisins de 0° C.

Amplitude absolue. Les différences entre les minima absolus et les maxima absolus sont nettement plus fortes. Elles sont de 27°8 C à Blao, 27°4 C à Djiring et 32°1 C à Dalat.

Afin d'essayer de dégager l'aspect particulier que présente chaque station qui nous intéresse, nous avons dressé le tableau des indices

mensuels et annuels de DE MARTONNE $i = \frac{P}{T + 10}$ (Cf. Tableau

n° 5). Son interprétation graphique fera mieux ressortir sans doute les différences remarquables entre ces stations (Cf. Graphique n° 1). D'ores et déjà, on peut remarquer que l'indice annuel est partout supérieur à 50 et que Dalat présente seulement trois mois dont l'in-

TABLEAU n° 5
Indices d'aridité (mensuels et annuels) des diverses stations

Stations	Dalat	Djiring	Blao
Janvier	3,5	10	21
Février	11	16	18
Mars	21	29	49
Avril	68	52	64
Mai	88	85	78
Juin	77	78	112
Juillet	101	119	203
Août	82	91	140
Septembre	128	133	181
Octobre	106	105	115
Novembre	43	36	63
Décembre	13	21	38
Indices annuels	63	65	91

dice d'aridité est inférieur à 20, contre deux à Djiring et un seul à Blao. Cela est particulièrement significatif au point de vue de la végétation forestière. La zone de ces Hauts Plateaux serait ainsi partout le domaine de la forêt dense, de la laurisylva typique, si l'homme ne vient pas s'interposer au cours de son évolution naturelle.

B. — Le milieu humain

1. — LES HOMMES

Nous ne possédons pas de données démographiques vraiment précises. D'après les statistiques établies en 1952 [1], on compte dans cette région des Hauts Plateaux une grande majorité de ceux que nous avons coutume d'appeler « Đông bào Thuong » ou les « Montagnards ». Ils sont 40 100 parmi une population totale de 76 000 (dont 1 700 Français et 1 200 de différentes nationalités, surtout des Chinois). Parmi ces « Montagnards » se trouvent de nombreuses tribus, telles que Chils, Rhadés, Mans, Muongs, etc...

Le territoire était, à l'origine, habité par ces minorités ethniques. Ce n'est que plus tard que des planteurs se sont installés dans ces régions de montagnes, notamment aux environs de Dalat ou de Dran, pour l'exploitation des cultures maraîchères, ou dans la région de Blao, pour la plantation du thé. D'ailleurs, ils ne se groupent que dans les principales agglomérations. Ce sont surtout les Montagnards qui habitent l'intérieur de ce territoire.

Voilà pourquoi la densité de la population au km² est très inégale. Elle compte presque 400 habitants au km² au cœur même de la ville de Dalat pour n'être plus que de 4 environ pour l'ensemble du Haut-Donnaï.

Particulièrement pour les minorités ethniques, la densité de la population d'une région est fonction du type d'agriculture pratiqué par la tribu qui y habite.

Chez les Chils qui pratiquent la « culture sur cendres » et qui se déplacent continuellement à la recherche de nouvelles forêts à détruire, on enregistre une densité de 2 habitants seulement au km². Dans le cas des Mans et des Muongs qui se livrent à une forme primitive d'agriculture, la densité est de 4 environ.

Depuis les accords de Genève en 1954, des mouvements de population se sont produits. Beaucoup de planteurs français ont quitté le pays. Par contre, des Vietnamiens réfugiés du Nord-Vietnam se sont installés dans les centres de colonisation créés par le Gouvernement.

Mais l'importance des tribus montagnardes reste la même et ce sont elles surtout avec leurs modes de cultures qui exercent une incidence directe sur la forêt.

2. — LES MODES DE CULTURES

Le principal mode de culture des « Montagnards » c'est la pratique des « rây » ou cultures sur cendres.

Après avoir choisi le coin de forêt qui leur convient, ils commencent par y abattre tous les arbres et les arbustes qui se trou-

vent à leur portée. Quant aux gros sujets, dont leur coupe-coupe ne peut venir à bout, ils sont provisoirement épargnés et laissés sur le terrain.

Un peu avant le début de la saison sèche, ils mettent le feu sur tous ces débris qui sont ainsi brûlés avec toute la couverture végétale au niveau du sol. Les plus gros arbres laissés sur pied, à moins qu'ils ne soient vraiment résistants, arrivent à la longue à dépérir par suite des atteintes successives du feu. Sur le terrain ainsi mis à nu, mais enrichi par les cendres, le riz de montagne est semé.

Après une première récolte, le « rây » est alors livré à lui-même jusqu'à l'année suivante où une seconde récolte pourra être pratiquée, puis une troisième peut-être, mais jamais davantage.

Car le sol, calciné, durci, longtemps mis à découvert sous le soleil tropical, aura vite fait de se dégrader.

L'érosion, très forte sur ces terrains en pente, aura également entraîné tous les éléments fins et fertilisants.

Alors, le « Montagnard » va transporter ses pénates ailleurs, à la recherche de nouvelles forêts pour y installer ses cultures.

En dehors de la culture du riz, les Montagnards font également la culture du maïs, du sorgho, des haricots, des Cucurbitacées. Elle se pratique dans les mêmes conditions, sur les mêmes terres que celle du riz de riziculture sèche.

Les cultures maraîchères, au contraire, sont pratiquées par des Vietnamiens, dans la région de Dalat, et la culture du thé, par des planteurs européens et vietnamiens, sur des terres occupées antérieurement soit par des formations secondaires ligneuses (Blao), soit par des formations herbacées (Blao, Djiring et environs).

CHAPITRE II

LA FORÊT

A. — Les forêts de *Pinus khasya*

1. — SITUATION ET CONTENANCE

C'est sur le plateau du Langbian qu'on rencontre les plus beaux peuplements de *Pinus khasya*. Ils y forment des massifs homogènes, souvent de plusieurs milliers d'hectares d'un seul tenant.

On peut citer, outre les forêts non classées, les forêts classées suivantes, dont certaines ont été aménagées en réserves depuis 1915 [2] :

1°	Réserve n° 404 de	Dapla		12 000 ha
2°	»	n° 310 de	Papeng	 1 023 —
3°	»	n° 349 de	Klang Yang	 10 300 —
4°	»	n° 398 de	Trambo	 3 100 —
5°	»	n° 346 de	Manline	 17 109 —
6°	»	n° 348 de	Prey	 4 930 —
7°	»	n° 423 de	Pongour	 1 100 —

La contenance de ces réserves se trouve actuellement plus ou moins remaniée. Un arrêté récent vient d'ailleurs de grouper les massifs du Nord-Est en un large périmètre de 23 900 ha en vue de la production de pâte à papier.

Ces peuplements du Langbian s'étagent entre 1 300 et 2 300 m.

Mais *P. khasya* descend fréquemment à des altitudes plus faibles. Si, partant du Langbian, on se dirige vers Djiring, vers Phanrang, ou vers Kontum, il n'est pas rare de trouver des peuplements de *P. khasya* aux environs de 950-1 000 m. Il est vrai qu'à ces altitudes, *P. khasya* ne se présente plus que sous forme de massifs discontinus.

A 11 km au Sud de Djiring, la forêt de Yankar couvre à peu près 5 000 ha, en bouquets assez denses.

Entre Djiring et le plateau du Darlac, un peuplement d'environ 5 000 ha se rencontre à Tourland-To, à 30 km au Nord-Ouest de Fyan, puis un autre à Brossdeur, à 15 km au Nord-Ouest de Djiring, d'une contenance presque égale (voir Carte n° 1).

Au col de P'Sré, sur la piste de Kinda, quelques taches sporadiques ont été également signalées.

Ces îlots dominent tout un ensemble de mamelons dénudés qui leur forment comme une auréole. Sans les ravages du feu qui risque d'y faire remplacer le résineux par une végétation arbustive sans valeur, ils auraient pu assurer favorablement la régénération naturelle de *P. khasya* sur les mamelons qui les environnent.

Dans les massifs méridionaux du Langbian, en direction de Tourcham et de Phanrang, on trouve également quelques peuplements de *Pinus khasya* de moindre importance. Le col de Bellevue, à 950 m, semble constituer la zone de contact entre *Pinus khasya* et *Pinus merkusii*.

Dans les zones semi-arides du Nord, *Pinus khasya* se fait de plus en plus rare, quoiqu'il ne disparaisse pas tout à fait complètement. On le retrouve en effet à Dak Glae, au Nord de Kontum, à l'état très disséminé cette fois.

En défalquant les vides, les clairières et les espaces décimés par les « râys », on obtient pour l'ensemble de cette zone couverte par *P. khasya* une contenance d'environ 90 000 ha, forêts classées et non classées réunies [2].

2. — ASPECT GÉNÉRAL

Comme nous venons de le voir, outre le plateau du Langbian qui constitue son habitat principal, *P. khasya* s'installe aussi à des altitudes plus basses ou sous des climats à saison sèche relativement plus marquée.

Il s'ensuit que les peuplements de *P. khasya* présentent une grande diversité dans leur structure.

Cette grande diversité paraît d'ailleurs inhérente à la nature même de ces peuplements, ou plus exactement à leur origine. Car nous verrons bientôt que c'est le feu qui est le principal artisan de ces formations secondaires. La physionomie de chaque peuplement varie selon l'ancienneté des « râys » qui lui ont donné naissance. Elle varie aussi selon la fréquence des incendies ultérieurs qui, ou bien ne repassent que de loin en loin laissant ainsi aux jeunes semis le temps de grandir et d'acquérir suffisamment de force pour sortir indemnes des ravages du feu, ou bien, au con-

traire, repassent régulièrement tous les ans, y brûlent toute la couverture herbacée et, avec elle, tous les jeunes brins, à l'état de semis, de fourrés, ou même de gaulis.

C'est ce dernier cas qui, malheureusement, est de beaucoup le plus fréquent dans ces forêts de *Pinus khasya*.

Le touriste qui arrive à Dalat par la route nationale ne manque pas d'être frappé par le contraste qui s'oppose entre la densité des arbres adultes d'une part et, d'autre part, l'absence presque totale des jeunes sujets, malgré un couvert relevé, une mise en lumière suffisante et une forte proportion d'arbres âgés, toutes conditions propices à une régénération abondante (cliché n° 1).

La structure du peuplement apparaît ainsi comme très déséquilibrée.

Souvent c'est la prédominance quasi-exclusive des arbres d'un diamètre donné, les seuls qui aient été épargnés depuis le dernier passage du feu. Le houppier est important. Le sous-bois est très peu fourni. La couverture vivante est rare. Seules quelques herbes courtes recouvrent à peine la surface du sol.

D'autres fois, la forêt a été tellement appauvrie qu'elle rappelle plutôt l'aspect d'un pré-bois de mauvaise qualité, avec çà et là des vieux arbres souffreteux, mal conformés, au houppier formant la table, ayant dépassé depuis longtemps l'âge d'exploitabilité. L'écorce, léchée par le feu à plusieurs reprises, se fendille et se détache en plaquettes minces qu'on peut enlever à la main.

Par chance, il n'y a pas que ces types de forêts.

Dans les peuplements à forte densité, les classes d'âges sont mieux réparties. Les cimes sont presque jointives. Les ramifications ascendantes de ce pin renforcent du reste cette impression. Le sous-bois et le tapis herbacé sont plus consistants, sans constituer jamais de fourrés denses. Des brosses de semis, par taches, réussissent à s'installer dans les trouées.

Il est rare de trouver de tels peuplements sur les rebords du plateau du Langbian, à des altitudes qui s'écartent trop de son optimum écologique, ou sur les sommets trop élevés, à moins qu'une forte humidité atmosphérique puisse compenser largement l'insuffisance des réserves d'eau en hiver.

3. — COMPOSITION FLORISTIQUE

Les peuplements de *Pinus khasya* se remarquent souvent par une très grande simplicité, du point de vue de leur composition.

— Dans l'étage dominant, *Pinus khasya* est pratiquement seul. En bordure des formations de transition, peut-on tout au plus citer quelques *Keteleeria davidiana* (Beissn) qui viennent de préférence sur les versants frais.

1. — Peuplement pur de *P. khasya* à Manline: sous-bois clairsemé et absence presque totale de jeunes brins de semis.

2a. — *P. khasya*: zone inerte à la base de la zone des blachyblastes et cônes à maturité insérés immédiatement au-dessous des ramifications latérales issues de bourgeons subterminaux.

2b. — Conelets de *P. khasya* à deux niveaux différents sur une pousse bicyclique.

3. — *P. khasya* de 5 ans avec 10 pseudo-verticilles.

PLANCHE I



1



2a



2b



3

== La strate moyenne est déjà plus complexe, sans cependant atteindre cette luxuriance propre aux forêts secondaires tropicales. On peut y relever une douzaine d'espèces, parmi lesquelles Fagacées et Ericacées viennent au premier rang.

= Le tapis herbacé est enfin à base de Graminées qu'accompagnent des Composées, des Cypéracées, quelques rares Légumineuses et Papillonacées et de nombreuses autres espèces qui n'ont de loin en loin que quelques rares représentants.

On y remarque en particulier la présence de certaines fougères indicatrices de l'acidité du sol.

Nous donnons d'après M. SCHMID (Cf. tableau n° 6) un tableau des espèces les plus communes dans ces peuplements de *Pinus khasya*.

4. — DENSITÉ DU PEUPLEMENT

Ces forêts de *P. khasya* sont, comme nous l'avons signalé au passage, des formations secondaires ouvertes, donc caractérisées surtout par une faible densité.

Mais la grande diversité de leur structure appelle naturellement comme corollaire une densité à l'hectare très variable d'un peuplement à un autre, peut-être même à l'intérieur d'un même massif.

Les comptages, lors de la mise en réserve de la forêt de Da Pratt en 1923, ont signalé 35 arbres exploitables à l'hectare, avec un cubage moyen de 45 m³/ha [2].

Ceux de la forêt de Prey, 25 arbres exploitables avec 83 m³/ha [2].

D'autres chiffres beaucoup plus élevés ont été relevés pour les séries A et B de la réserve de Manline, avec respectivement 157 m³/ha et 101 m³/ha pour les arbres de diamètre supérieur à 50 cm ; de même pour la série B de la réserve de Dapla, avec 95 m³/ha [2].

Quoique les caractéristiques principales de ces peuplements n'aient pas varié dans l'ensemble, nous ne pouvons plus appliquer ces chiffres à l'état actuel des forêts du Langbian.

La grande majorité de ces peuplements ont fait, depuis ces dernières années de guerre, l'objet d'exploitations intensives qui ont enlevé sélectivement tous les gros sujets.

« La conséquence immédiate c'est que les arbres de diamètres « supérieurs à 0,50 m sont rares et voire inexistants dans certaines « régions. Les résultats du comptage que nous avons fait tout récemment montrent : arbres de diamètre compris entre 0,10 m et « 0,50 m : 98 % ; arbres de diamètre supérieur à 0,50 m : 2 % » [2].

C'est ainsi qu'on est en train d'orienter la plupart de ces forêts du Langbian vers la production de bois de faible diamètre pour les industries de la cellulose.

ESPECES LES PLUS COMMUNES EN FORETS DE *PINUS KHASYA*

Nom scientifique	Famille	Observations
Strate supérieure :		
<i>Pinus khasya</i> Royle	Abiétacées	Essence dominante (Thông ba la).
<i>Keteleeria davidiana</i> Beissn	— id —	Commun en bordure, rare dans la pinède proprement dite. Se rencontre à l'état disséminé (Ngo tùng).
Strate moyenne :		
<i>Quercus lanata</i> Smith	Fagacées	Plus fréquent sur granites, sols dégradés (Gie).
<i>Quercus hellebrina</i> D.C.	— id —	Surtout au-dessous de 1 300 m (Gie).
<i>Paeania dealbata</i> Hick et Cam.	— id —	Surtout au-dessous de 1 300 m (Gie).
<i>Crabiodendron stellatum</i> W.W.S	Ericacées	De 800 à 200 m (Gie).
<i>Pteris ovalifolia</i> Don	— id —	Assez fréquent (Gie).
<i>Glochidium fagifolium</i> Miq.	Euphorbiacées	Assez abondant en altitude (Ghe).
<i>Phyllanthus emblica</i> Lin.	— id —	Se retrouve en forêt de <i>Pinus merkusii</i> (Me rung).
<i>Tristania burbanica</i> Griff.	Myrtacées	Assez abondant sur stations sèches (Tràm).
<i>Radomyrtus tomentosa</i> Wight	— id —	Rare au Langbian. Abondant à Brossdeur (Sim).
<i>Ziziphus rigosa</i> Lamk. var. <i>Harmandii</i> Pierre.	Rhamnacées	Se retrouve en forêt de <i>P. merkusii</i> (Tao).
Végétation basse :		
<i>Vaccinium</i> sp.	Vacciniacées	Abondant partout. Aux hautes altitudes, à l'état buissonnant.
<i>Melastoma decanfidum</i> Roxb.	Mélastomacées	Arbuste 2-3 m en forêt de <i>P. merkusii</i> .
<i>Bulbostylis densa</i>	Cyperacées	Très abondant en sol sec, à acidification poussée.
<i>Carex baccans</i>	— id —	Prairies sur sols très dégradés chimiquement.
<i>Finbristylis fuscoides</i>	— id —	Prairies sur sols très dégradés chimiquement.
<i>Rhynchospora rubra</i>	— id —	Prairies sur sols très dégradés chimiquement.
<i>Arundinella setosa</i>	Graminées	Très abondant dans les formations les plus dégradées.
<i>Hyperbentia filipendula</i>	— id —	Strate herbacée haute, sur terres relativement profondes.
<i>Kerriochloa stamensis</i> Hublard	— id —	Strate herbacée ouverte sur sols érodés (pentes).
<i>Allotetopsis semilata</i> Hitch	— id —	Sur sols de prairies, très dégradés (co chi).
<i>Gleichenia volubilis</i>	Fougères	Très commun sur les schistes (co sa).
<i>Pteridium aquilinum</i>	— id —	Au-dessus de 1 300 m.
<i>Dipteris conjugata</i>	— id —	Une des espèces les plus fréquemment associées à <i>P. khasya</i> , depuis 700 m, sur schistes surtout.
<i>Drosera peltata</i>	Droseracées	Rare.
<i>Blumea</i> (5 ou 6 esp.)	Composées	Forme avec les Graminées le fond de la végétation herbacée.
<i>Imula nervosa</i>	— id —	Forme avec les Graminées le fond de la végétation herbacée.
<i>Antisphaeris chinensis</i>	— id —	Forme avec les Graminées le fond de la végétation herbacée.

Le tableau n° 7 pourra donner un aperçu du matériel à l'hectare de la réserve de Klang Yang, considérée comme suffisamment représentative de l'ensemble des massifs actuellement traités en vue de la production de pâte à papier. En général, on peut compter sur un volume moyen de bois de papeterie d'environ 70 m³/ha.

TABLEAU n° 7

Répartition à l'hectare du nombre de tiges par catégories de diamètre en forêt de Klang-Yang [2]

Essence	<i>P. khasya</i>		<i>P. merkusii</i>		Feuillus		non classés	
	T.	V.	T.	V.	T.	V.	T.	V.
	—	—	—	—	—	—	—	—
Diamètre à hauteur d'homme (en cm) {	10-15 —————	125	21,465					
	20	25	3,500		5	0,700	3	0,870
	25	10	2,900	5	1,450			
	30	5	2,700		5	2,700		
	35	7	5,950					
	40	30	37,500				3	3,750
	45	12	22,920					
	50	1	2,160					
	55	1	2,700					
	60	1	3,300					
Total {	Tiges	217		5		10		6
	Volumes	105 m ³ 095		1 m ³ 450		3 m ³ 400		4 m ³ 620
	% Vol.	91 %		1,50 %		3 %		4,5 %

B. — Les forêts de *Pinus merkusii*

1. — SITUATION ET CONTENANCE

C'est le plateau du Haut-Donnaï qui constitue l'aire principale de dispersion de *Pinus merkusii* au Centre-Vietnam.

Néanmoins, ce pin ne s'y rencontre ni en grands massifs continus, ni en peuplements purs et homogènes, comme c'était le cas pour *Pinus khasya* sur le plateau du Langbian. En voilà un des facteurs qui compliquent davantage le problème de leur délimitation.

En schématisant beaucoup, on pourrait peut-être y distinguer deux grandes zones :

— D'abord, les massifs méridionaux du Langbian, formant une zone de transition entre *Pinus khasya* et *Pinus merkusii*. Il est courant d'y voir les deux espèces composer ensemble des peuplements mixtes, parfois avec d'autres essences feuillues, parmi lesquelles dominent les Diptérocarpées.

C'est le cas, par exemple, des forêts de Pongour (1 100 ha), de Prey (4 930 ha), de Dangia (2 100 ha) [2] (cliché n° 4).

C'est aussi le cas des forêts de Langhanh et de Finnôm.

— Puis, à mesure qu'on descend en altitude, *Pinus khasya* abandonne progressivement du terrain. La densité relative de *Pinus merkusii* va croissant du Nord-Est au Sud-Ouest, de Finnôm à Djiring, pour atteindre le massif de Dargna (17 500 ha), où l'on observe la présence presque exclusive de *Pinus merkusii* [2].

Plus bas, vers la côte, en direction de Phanrang, le massif de Cana comporte également un peuplement de *Pinus merkusii* (environ 2 000 ha) qui s'installe sur le faite des mamelons, à 800 m d'altitude [2].

Il en est de même sur les montagnes de Hala, Nui thanh et Nui Chua où *Pinus merkusii* forme des îlots restreints (environ 5 000 ha) enserrés au milieu d'essences feuillues, de Fagacées principalement [2].

Signalons enfin, pour être complet, plusieurs taches de *Pinus merkusii* qui s'installent plus au Nord, sur la route Kontum-Ankhê, mais qui sont fortement décimées tous les ans par les feux périodiques et les exploitations abusives.

On peut ainsi évaluer la surface totale des forêts occupées par *Pinus merkusii*, pour l'ensemble de la région étudiée, à 35 000 hectares environ.

2. — ASPECT GÉNÉRAL

Dans l'ensemble, la forêt de *Pinus merkusii* se présente sous deux aspects très différents :

- un type pur, avec sous-bois peu fourni,
- et un type mélangé, avec sous-bois bien fourni, parfois même très fourni.

Le type pur — à part les quelques milliers d'hectares au Nord-Est de Blao — apparaît comme très rare. Il semble d'ailleurs que l'évolution naturelle de ces peuplements purs tende visiblement vers le type mélangé, si aucune circonstance ne vient l'en empêcher.

Ce sont donc les peuplements mélangés qui sont de beaucoup les plus fréquents. Ils sont généralement constitués par une formation arborescente ouverte, à base d'essences feuillues, de Dipté-

4. — Peuplement mélangé de *P. merkusii* à Dangia.
5. — Cime de *P. merkusii* à ramification diffuse.
- 6a. — Châtons mâles de *P. merkusii* insérés au-dessous de la zone des brachyblastes.
- 6b. — Conelets de *P. merkusii*, solitaires ou groupés par paires, immédiatement au-dessous des bourgeons. Cônes brièvement pédonculés, incurvés vers le bas dès l'état jeune.

PLANCHE II



4



5



6a



6b

rocarpacées surtout. Autrement dit, c'est la « forêt claire », caractéristique des régions arides du Sud de la Péninsule [97]. Néanmoins, la forêt claire sur le Haut-Donnai offre un faciès tout particulier, par suite de la présence même de *Pinus merkusii*; et ce faciès varie en fonction même de l'importance relative des éléments qui le composent.

Ici, ce sont des forêts claires avec quelques rares pins très espacés, de faible taille et mal venant, avec un sous-bois plus ou moins clairsemé.

Ailleurs, il semble qu'on ait affaire à de véritables « groupes écologiques » où *Dipterocarpus obtusifolius* se trouve associé de façon constante à *Pinus merkusii*, formant ainsi des peuplements mixtes, parfaitement en équilibre, avec un sous-bois abondant, une couverture herbacée assez bien développée, trois étages de végétation bien différenciés.

3. — COMPOSITION FLORISTIQUE

Le tableau n° 8 donne, d'après M. SCHMID, les espèces les plus fréquentes en forêt de *Pinus merkusii*.

TABLEAU n° 8

Espèces les plus communes en forêt de *Pinus merkusii*

Nom scientifique	Famille	Observations
Etage supérieur :		
<i>P. merkusii</i> J. et de V.	Abiétacées	Essence dominante (thông hai la).
<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	Diptérocarpacées	Essence dominante (dầu trà beng).
Strate moyenne :		
<i>Pasania dealbata</i> H. et Cam.	Fagacées	Abondant, presque toujours présent (Gie).
<i>Quercus helferiana</i> D.C.	— id —	Assez abondant (Gie).
<i>Ziziphus rugosa</i> L.	Rhamnacées	—
<i>Engelhardtia colebrookeana</i>	Juglandacées	—
<i>Tristania burmanica</i> Griff.	Myrtacées	— (tràm)
<i>Simplocos</i> sp.	Symplocacées	—
Végétation basse :		
<i>Imperata cylindrica</i>	Graminées	Formant la base de la couverture herb. (tranh).
<i>Hypparrhenia filipendula</i>	— id —	—
<i>Polytoca heteroclita</i>	— id —	—
<i>Anisopappus chinensis</i>	Composées	—
<i>Inula cappa</i>	— id —	—
<i>Blumeopsis</i>	— id —	—
<i>Vernonia saligna</i>	— id —	—

= Dans l'étage dominant, *Dipterocarpus obtusifolius* est en association constante avec *Pinus merkusii*. Sur les sols les meilleurs et les plus profonds, on peut trouver en plus *Dalbergia bariensis* (cam lai) et *Albizia lebbekoides* (sông rang) qui sont des Légumineuses, et sur les sols superficiels, *Shorea obtusa* (cà chac) (Rosacées) et *Terminalia tomentosa* (cam liên) (Combrétacées), auxquels s'ajoutent *Pinus khasya* et *Keteleeria davidiana*.

= Le sous-bois comprend *Pasania dealbata* (Fagacées), qui est presque toujours présent, ainsi que des morts-bois où abondent Rhamnacées, Juglandacées, Myrtacées et Symplocacées. Ainsi s'installe sous un étage supérieur, généralement assez lâche, un étage dominé, plus serré, conférant à la forêt l'aspect d'une formation fermée à deux étages.

= Le tapis herbacé reste souvent peu fourni et comprend surtout des espèces ombrophiles lorsque le sous-bois est très important. Par contre, lorsque le sous-bois est léger et ne forme plus un couvert continu, le sol est envahi par une couverture herbacée très dense, composée surtout de Graminées et Cypéracées.

4. — DENSITÉ DU PEUPLEMENT

Les forêts de *P. merkusii* présentent une densité très variable selon qu'on a affaire au type de peuplement pur ou au type de peuplement mélangé.

Les formations pures sont en réalité très rares. Les comptages lors de la mise en réserve ont fait état, pour la forêt de Dargna, d'une moyenne à l'hectare de 105 tiges de diamètre supérieur à 30 cm, cubant environ 76 m³, sur un total de 135 tiges de tous diamètres et de toutes essences, cubant 80 m³/ha.

Les comptages dans les formations mélangées, qui sont les plus abondantes, accusent, en forêt de Dangia, un nombre de tiges moitié moindre pour *Pinus merkusii*, soit 48 tiges de diamètre supérieur à 30 cm, correspondant à un volume moyen sensiblement égal à 65 m³/ha.

Le tableau n° 9 va donner une idée d'ensemble de la composition moyenne à l'hectare de ces peuplements mélangés [2].

Ces chiffres font ressortir les deux caractères essentiels de ces forêts :

1° Bien que les peuplements purs de Dargna soient d'assez forte densité, ces peuplements ne portent qu'un faible cubage par suite de la taille réduite des arbres.

2° Les peuplements mélangés de Dangia ont une valeur d'avenir presque nulle, étant donnée la prédominance très marquée des gros bois sur les plus jeunes.

Pour les mêmes raisons qui ont déjà été signalées à l'occasion des forêts de *P. khasya*, nous ne pensons pas que l'état actuel des forêts de *Pinus merkusii* du Haut-Langbian puisse justifier des chiffres moyens aussi élevés. Il serait plus prudent de les réduire même de moitié pour être plus près de la réalité.

TABLEAU n° 9

Répartition à l'hectare du nombre de tiges par catégories de diamètre en Forêt de Dangia [2]

Essences		<i>P. merkusii</i>		<i>D. obtusifolius</i>		Divers	
		T	V	T	V	T	V
		—	—	—	—	—	—
Diamètre à hauteur d'homme (en cm)	30	10	7,000	10	7,000	15	10,500
	35	11	8,800	7	5,600	10	8,000
	40	10	12,000	9	10,800	3	3,600
	45	5	7,000	6	8,400		
	50	5	9,000				
	55	3	6,600	4	8,800		
	60	2	5,400	3	8,100		
	65	1	3,200				
	70						
	80	1	5,200				
Total {	Tiges	48		49		28	
	Volume		64 m ³ 200		48 m ³ 700		22 m ³ 100
	% volume		47,5 %		36 %		16,5 %

D'accord avec CHAMPSOLOIX [27], nous pensons pouvoir retenir le chiffre moyen de 25 m³/ha (en bois de plus de 45 cm de diamètre) qui nous paraît une moyenne raisonnable.

III. Étude statique

CHAPITRE I

DENDROLOGIE

A. — Généralités

Les principales caractéristiques qui permettent de distinguer d'emblée les forêts de la zone tropicale de celles des pays tempérés, c'est sans nul doute leur exubérance, leur hétérogénéité et leur étonnante richesse en espèces.

Tandis que les essences de la zone tempérée se groupent seulement en huit familles, celles des forêts tropicales en comptent plus de cinquante, avec d'ailleurs certains genres renfermant à eux seuls un nombre d'espèces beaucoup plus grand que n'en comporte la totalité des arbres forestiers de la zone tempérée.

Pour ne parler que des conifères, ceux-ci y sont largement représentés par vingt genres sur un total de cinquante, avec également une grande variabilité d'espèces [15].

Néanmoins, à l'encontre des feuillus, les résineux sont loin d'occuper dans les forêts tropicales une surface en rapport avec le grand nombre d'espèces qu'ils représentent. Plus des 9/10 des forêts de conifères se trouvent sur le territoire de l'U.R.S.S., de l'Europe et de l'Amérique du Nord. Les deux autres tiers du monde n'en reçoivent que juste la portion congrue.

Le Vietnam, pour sa part, n'échappe pas à cette règle générale. Le genre *Pinus* y couvre à peine le 1/100 du domaine boisé national (Cf. Introduction), quoique ce soit l'un des genres assez bien représentés taxonomiquement. On en rencontre sur les Hauts Plateaux du Centre-Vietnam quatre espèces différentes :

Pinus armandii Franchet,
Pinus krempfii H. Lecomte,

Pinus khasya Royle, plus connu sous la dénomination de « pin à trois feuilles » ou « thong ba la » (mot à mot : thong = pin, ba = trois, la = feuille),

Pinus merkusii Jungh et De Vriese, communément appelé « pin à deux feuilles » ou « thong hai la » (mot à mot : thong = pin, hai = deux, la = feuille).



Le premier, *Pinus armandii* F., ne se trouve que dans les formations de haute altitude, bien rarement en peuplements purs. Sa présence a été signalée par A. CHEVALIER dans le massif du Pou Atouat, entre Hué et les Bolovens, vers 1 500 mètres [30].

Le Chu Yang Sinh présente également une petite forêt de cette essence à 2 400 m.

Une dizaine de sujets de cette même essence, véritables reliques botaniques, se rencontrent près du village de Trai mat, à 8 km de Dalat, sur la route Dalat-Nhatrang, disséminés au milieu des feuillus : fagacées, lauracées, magnoliacées, et parmi d'autres conifères dont certains semblent être en voie d'extinction : *Podocarpus imbricatus* (bach tung), *Taxus baccata* (thong tung), *Keteleeria davidiana* (ngo tung).

Pinus armandii est une espèce à cinq feuilles, poussant de préférence sur des sols granitiques en très forte pente. L'arbre adulte peut atteindre 20 mètres de hauteur totale avec 0,50 m de diamètre. Son bois est plus dur et plus riche en résine que celui de *Pinus khasya*.

Etant donné son aire actuelle plus que réduite (environ seulement dix hectares), il est à craindre qu'à moins de mesures vraiment énergiques pour assurer sa sauvegarde, cette espèce soit appelée à disparaître très prochainement.



Quant à *Pinus krempfii*, A. CHEVALIER pense qu'il ne se rattache à aucune des cinq sections du genre *Pinus* sensu stricto à cause de l'absence de gaine à la base du brachyblaste et de la forme plate des feuilles. Celles-ci, en effet, sont réunies par deux, sans être cependant enserrées dans une gaine comme c'est le cas chez le genre *Pinus*. Par ailleurs, elles sont plates, très peu arquées et disposées l'une vis-à-vis de l'autre à peu près comme les deux branches des ciseaux [30].

C'est une essence très rare, observée aux environs de Dalat, dans la région d'Ankroët et de Dankia (1 600 m) aux environs de Nhatrang, dans le massif de la Mère et l'Enfant (2 022 m) et aussi dans les gorges supérieures du Songmao à 1 300 m.

Elle croît généralement à l'état disséminé, en mélange avec des feuillus en forêt dense de haute montagne, le plus souvent sur la ligne des crêtes, sur sol tourbeux ou très meuble et très humide.

C'est un arbre de première grandeur pouvant atteindre 30 mètres de hauteur totale, avec un fût droit, cylindrique, bien élancé, donnant un bois à accroissement assez fin, à aubier blanc-jaunâtre et au cœur saumon foncé, dont les caractéristiques physiques et mécaniques sont comparables à celles du mélèze d'Europe.

Il est néanmoins trop peu abondant pour faire l'objet d'un commerce. Aussi ne présente-t-il à l'heure actuelle qu'un intérêt purement botanique.

*

**

Si les deux espèces précitées n'ont donc aucune importance économique, il n'est pas de même de *Pinus khasya* et de *Pinus merkusii* qui couvrent actuellement de grandes surfaces en peuplements presque purs.

Aussi, ce sont ces deux essences et leurs forêts qui méritent d'être étudiées tout particulièrement.

B. — *Pinus khasya*

1. — AIRES NATURELLES DE RÉPARTITION

Pinus khasya Royle désigne une espèce collective que l'on rencontre sur une dizaine de milliers de kilomètres carrés depuis le Nord de l'Inde et de la Birmanie jusqu'aux Philippines et aux Moluques, en passant par le Népal, le Yunnan, la Thaïlande, le Laos et le Centre-Vietnam.

D'après A. CHEVALIER [30], il semble nécessaire de distinguer un certain nombre de races, au moins quatre :

1° *Pinus timoriensis* Loud. décrit à partir d'arbres spontanés dans l'archipel des Moluques. Ce pin serait, avec *Pinus merkusii*, les seuls du genre *Pinus* à franchir l'Equateur et à s'installer dans l'hémisphère austral.

2° *Pinus insularis* Endl., qui vient à l'état spontané seulement dans l'archipel des Philippines, à des altitudes variant de 900 à 2 100 mètres, avec 3 600 mm de précipitations annuelles [13].

GAUSSEN [67] pense néanmoins que les caractères qui distinguent *Pinus khasya* var. *insularis* de *Pinus khasya* Royle ne sont pas très nets. Cet avis est également partagé par SAVORY B.-M. [120] qui ne trouve aucune différence remarquable, que ce soit dans la morphologie ou dans l'anatomie de ces deux variétés, et pense qu'il n'est pas judicieux de maintenir cette séparation.

Pinus insularis présente cette caractéristique: c'est qu'il ne se rencontre jamais en mélange avec une autre essence. On le trouve toujours en altitude et en peuplements purs. D'après L. LIZARDO [91], les plus belles forêts de *Pinus insularis* sont situées sur la Cordillère Centrale du Nord de Luzon, entre 1 000 et 2 000 m, dans des stations bien drainées, au sol profond et fertile, mais que les feuillus ne peuvent coloniser en raison de l'altitude. *Pinus insularis* est normalement exploitable à 60 ans où il atteint facilement 50 cm de diamètre et plus. Il se régénère abondamment à partir d'une douzaine de porte-graines à l'hectare, sur des coupes rez-terre, moyennant une protection efficace contre les incendies et la concurrence des arbres de pâturage. En effet, il se régénère en pleine lumière, mais supporte mal la concurrence des végétaux associés aux feuillus, de même que les attaques du feu, surtout dans son jeune âge.

Il convient de signaler que *Pinus insularis*, appelé encore Benguet pine en Malaisie, n'est pas une espèce qui y pousse à l'état spontané, mais plutôt une essence introduite avec des graines provenant des Philippines.

3° *Pinus khasya* Royle qui croît dans l'Inde sur les collines de Khasi et de Naga à Manipur (Assam) et dans la région de l'Himalaya où il monte jusqu'à 2 500 m et pousse de préférence sur des sols bien drainés dans des stations ayant de 1 000 à 2 000 mm de précipitations annuelles.

J.-S. GAMBLE [66] le décrit comme un arbre de taille moyenne, à croissance pas très rapide, constituant souvent des peuplements grégaires étendus, fournissant un bois très résineux dont on extrait une essence de térébenthine de bonne qualité, comparable à celle qu'on obtient à partir de *Pinus roxburghii* ou de *Pinus wallichiana*.

C'est un bois très utilisé aussi dans la construction.

L'habitat naturel de cette essence s'étend jusque dans le Nord de la Birmanie. Elle occupe de grandes surfaces dans les Etats Chan et dans la vallée de Chindwin, où elle s'étage entre 800 et 2 300 m, soit en peuplements purs, soit en mélange avec des chênes, des châtaigniers ou d'autres feuillus. Les stations qu'elle préfère ont une pluviosité moyenne de 1 900 mm, et une température moyenne comprise entre — 1°11 C. et 37°8 C., avec de faibles gelées en hiver [13]. On y trouve des arbres de fort belle taille, généralement plus grands que ceux rencontrés dans l'Assam, et pouvant atteindre 30 mètres de hauteur totale sur 3 mètres et plus de circonférence. La régénération de *Pinus khasya* y est généralement bonne à condition d'être préservée contre le feu.

Cette essence est signalée également dans les Etats Thibaw, Mongpu, Monghsat et Monglun,

4° *Pinus yunnanensis* Franchet, dont l'aire de distribution comprend le Yunnan ainsi que les régions du S-W de la province de Szechwan.

J. GREGUSS [71] pense qu'il est difficile de faire la séparation entre cette espèce et les autres espèces du groupe *Khasya* de Royle. Les principales différences, quand il y en a, tiennent d'après cet auteur aux conditions de station.

La présence de ce pin a été signalée sur de vastes étendues entre Kunming, Tali et Szemao où il vient soit en peuplements purs, soit en mélange en proportions diverses avec *Quercus griffithii*, *Quercus variabilis*, *Engelhardtia colebrookiana*, *Phyllanthus emblica*. *Keteleeria davidiana* pousse souvent aussi à l'état disséminé parmi ces peuplements de *P. yunnanensis* qui atteignent leur meilleur développement à des altitudes assez élevées, entre 1 600 et 2 600 m.

Dans la province de T'ai, où les forêts d'essences feuillues prédominent, cette espèce n'occupe plus que les plus hauts sommets, au-delà des chênes.



A ces races géographiques, il convient d'ajouter la suivante qui relie *Pinus khasya* à *Pinus yunnanensis*, et qui est ainsi décrite par A. CHEVALIER [30] :

« *Pinus langbianensis* sp. nov. Arbor 20-30 m. alta, ramis erecto-
« patutis, ascendentibusve, vagina foliorum 8-12 longa folia terna,
« 18-22 longa, 1,5 mm lata strobilis breviter pedicellatis, ovatis, 7-
« 9 cm longis, 4-5, 5 cm latis; squamarum apophysi elevatum py-
« ramidata; carina transversa parum prominente acuta. »

Le Pin que nous nous proposons d'étudier est bien celui décrit par A. CHEVALIER, sous le nom de *Pinus langbianensis*.

Quoi qu'il ait été ainsi décrit comme une espèce distincte, nous le considérons comme une des formes géographiques d'une espèce collective *Pinus khasya* Royle, représentée dans d'autres parties de l'Asie du Sud-Est.

En dehors de son aire principale (environ 90 000 ha) sur le Plateau du Langbian, ce Pin existe çà et là au Nord Vietnam, et aussi au Laos, dans le Tran ninh, où des peuplements importants ont été signalés.

2. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX

Pinus khasya est une essence de lumière de première grandeur, susceptible d'atteindre trente mètres de hauteur avec un fût cylindrique de 10 à 15 mètres sous branches en moyenne. Exceptionnellement, quelques beaux pieds atteignent 35 mètres de hauteur to-

tales. Les diamètres moyens sont de l'ordre de 50 à 60 cm. Mais les diamètres de 80 cm, voire 90 cm, ne sont pas rares là où les exploitations n'ont pas enlevé sélectivement les gros sujets.

Il arrive que malgré une différence sensible dans les diamètres, certains arbres aient à peu près le même âge. Cela provient le plus souvent de la variabilité de caractères individuels et s'explique par le fait que les beaux sujets ont dominé les autres au cours de leur croissance et ont moins souffert des feux.

Grâce à un appareil radiculaire très développé, à la fois en largeur et en profondeur, *Pinus khasya* a une croissance rapide vers 20 ans, forte encore jusque 50-60 ans, puis assez lente après.

L'arbre garde longtemps une cime aiguë, de forme conique. Puis dès 60-70 ans en sols superficiels, ou à partir de 100 ans en conditions moyennes, la pousse terminale ne s'allonge presque plus tandis que les branches latérales, légèrement redressées, continuent à croître: il commence à « faire la table ».

Sur sol riche, la longévité de *Pinus khasya* peut atteindre facilement 150 ans. En sol moyen, 120 ans, et sur sol dégradé, 90 ans en moyenne.

3. — CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

a) *Port.*

Les branches sont horizontales dans la grande majorité des cas. Elles vont en diminuant de longueur vers la cime de façon à donner à l'arbre, tout au moins dans sa jeunesse, un port pyramidal caractéristique qui le distingue assez facilement de *Pinus merkusii*. Les branches sont parfois ascendantes aussi, mais ne formant jamais parasol comme dans le cas de *Pinus merkusii*.

Le houppier est léger, peu important. En général, le tronc et le houppier ont sensiblement la même hauteur, c'est-à-dire 15 mètres pour un arbre moyen de 30 mètres.

Pinus khasya pousse souvent sur des pentes fortement inclinées.

b) *Ramification.*

Chez *Pinus khasya* comme chez tous les Pins, on peut reconnaître le long d'une pousse un cycle morphogénétique avec ses trois zones [37]:

— à la base, la zone à points végétatifs inertes, dépourvue d'aiguilles, ne portant rien que des bractées écailleuses ou euphylls.

— au-dessus, la zone de brachyblastes,

— enfin, la zone de bourgeons: bourgeon terminal émergeant au sommet proprement dit, avec immédiatement en dessous, bourgeons axillaires disposés en un pseudo-verticille et évoluant bientôt en rameaux longs,

Les euphylls sont décurrentes, en partie libres, longuement acuminées et longuement frangées de blanc.

Les bourgeons sont cylindriques coniques au sommet, non résineux.

Les écailles sont libres, plus ou moins appliquées, acuminées, non résineuses, frangées de blanc, mais d'un châtain clair caractéristique sur l'ensemble.

Sur une même pousse annuelle, on trouve souvent la répétition de deux ou trois cycles morphogénétiques successifs, ce qui confère à la ramification de *Pinus khasya* la caractéristique d'être polycyclique. Ce qui rend cela souvent difficile à observer, c'est que la zone inerte s'étend sur une très faible longueur — à peine le 1/7 de la longueur d'un cycle — et devient parfois même imperceptible.

Par ailleurs, ce cycle morphogénétique n'est pas toujours complet: les bourgeons subterminaux peuvent manquer ou rester dormants, notamment sur les pousses les moins vigoureuses, de sorte qu'après une année de croissance, la pousse ne présente pas du tout de ramifications latérales.

Les pousses polycycliques se rencontrent surtout sur la tige principale. Les rameaux vigoureux, surtout chez les arbres jeunes, sont également polycycliques. Mais ce caractère disparaît sur les ramifications de faible vigueur, comme d'ailleurs chez tous les pins polycycliques en général.

Le cliché n° 3 montre un *Pinus khasya* de cinq ans, avec dix pseudoverticilles, un pseudoverticille bien complet s'intercalant régulièrement avec un autre imparfaitement développé et ainsi de suite.

Il existe en effet une différence d'élongation entre le premier et le deuxième cycle. Le premier cycle est nettement plus long que le second et les pseudoverticilles de rameaux longs qui en sont issus sont plus développés.

Cela néanmoins ne change en rien à la teinte de ces rameaux qui sont brun-orangé, glabres et plus ou moins pruneux.

En général, ce n'est qu'à partir de fin janvier que se situe le véritable départ de végétation annuel de *Pinus khasya* sur le plateau du Langbian. L'accroissement annuel en longueur peut atteindre dans les cas les plus favorables entre un mètre et un mètre vingt, surtout dans le jeune âge.

c) Aiguilles.

1° *Disposition des aiguilles.* Les aiguilles des arbres adultes sont toutes fasciculées par trois, très serrées, réunies à la base dans une gaine membraneuse, scarieuse et semblent groupées en pinceaux à l'extrémité des branches (cliché n° 3).

Ce dernier caractère résulte de la chute précoce des aiguilles âgées de deux ans.

2° *Dimensions, forme et couleur.* Les feuilles adultes sont grêles, aciculaires, longues de 15 à 22 cm, larges d'environ 1 mm, parfois 1,5 mm sur des sujets vigoureux.

Des mesures effectuées sur 50 aiguilles prélevées sur des branches de différents arbres, entre 30 et 40 ans, de développement normal et en bon état de végétation, ont donné comme moyenne :

Longueur	18,92 cm
Largeur	0,95 mm
Épaisseur	0,61 mm

Elles sont de forme pointue, très piquantes au sommet, à face externe convexe, et présentent une crête aiguë sur le milieu de la face supérieure avec une rainure de chaque côté. Des denticulations achèvent de rendre assez rudes au toucher les bords ainsi que la crête médiane de l'aiguille.

Chez les arbres adultes, les aiguilles sont d'un vert délicat, tranchant visiblement sur la teinte brunâtre de la gaine qui les enserme à la base et qui dépasse rarement 15 mm. Ces gaines sont persistantes et à écailles frangées.

3° *Caractères anatomiques.* Ces caractères ont été observés sur des coupes effectuées dans le tiers inférieur d'aiguilles adultes récoltées sur des rameaux d'un an. La section a la forme d'un secteur de cercle de 120° environ (cf. cliché n° 7 a). Les caractères des différentes parties de cette section sont les suivants :

Épiderme : peu épais, formé d'une rangée de cellules à section subrectangulaire, aux parois lignifiées et très épaissies, de sorte que le lumen est réduit à une simple fente ou même nul. On distingue aux angles des cellules très volumineuses et à parois très épaisses.

Cuticule : d'épaisseur uniforme, épousant la forme des cellules épidermiques, ce qui rend le contour extérieur plus ou moins sinueux.

Stomates : en lignes longitudinales, très fines, à peu près équidistantes, au nombre moyen de 5 à 7 sur la face dorsale et de 3 à 4 sur chaque face ventrale.

Sous-épiderme : à l'aspect faiblement festonné, formé d'une série d'arcs entre les stomates, généralement plus marqués à la face dorsale. Il est constitué de deux assises de cellules bien distinctes : l'assise sous-épidermique renforcée aux angles, composée de cellules « peu épaissies », losangiques ou plutôt rectangulaires avec le grand axe parallèle au bord de l'aiguille, avec un large lumen de même forme. Les cellules de l'autre assise interne sont polygonales, souvent penta ou hexagonales et ont à peu près les mêmes dimensions que les cellules épidermiques, avec néanmoins quelques-

unes d'un tiers plus grosses que ces dernières, surtout aux enfléments. Mais les parois sont de même épaisseur dans les cellules des deux assises et l'épiderme peut être ainsi considéré comme homogène. Interrompu en face des stomates, l'hypoderme est toujours renforcé aux angles, avec trois assises de cellules superposées « très épaissies ».

Canaux résinifères: Au nombre de cinq, ils sont généralement localisés près des angles mais pas exactement aux angles. Ce sont des canaux résinifères submarginiaux, accolés à l'hypoderme, protégés par une gaine de huit cellules environ et qui sont polygonales, isodiamétriques, à paroi « peu épaissie » laissant un large lumen très visible de même contour polygonal (cf. clichés n^{os} 7 b et 7 c). Ces cellules disposées en une seule assise sont d'un tiers plus grosses que les autres cellules hypodermiques de la couche sous-jacente et sont séparées de l'épiderme par une assise de cellules du sous-épiderme.

Parenchyme: Les cellules ont des membranes à replis profonds.

Cylindre central: L'endoderme a une forme ovale. Il est constitué par une trentaine de cellules ovales, non épaissies, de dimensions irrégulières. Les deux faisceaux libéro-ligneux sont presque accolés, séparés seulement par 3 à 5 assises de cellules surmontées par une plage de cellules isolées sous les faisceaux. Entre les faisceaux libéro-ligneux et l'endoderme, on observe des cellules à ponctuations aréolées du tissu de transfusion.

d) *Inflorescences mâles et femelles.*

Pinus khasya fructifie très jeune: dès l'âge de 15 ans, il donne des cônes. Mais ceux-ci ne renferment de graines fertiles que vers l'âge de 20 ans. La floraison a lieu abondamment chaque année, peu après la période de débourrement, en janvier-février.

Inflorescences femelles (cliché n^o 2). Les inflorescences femelles sont soit solitaires, soit groupées par deux ou par trois, constituant ainsi un verticille sous les bourgeons subterminaux.

Souvent les rameaux à l'évolution sexuelle femelle — quand ils sont particulièrement vigoureux — sont polycycliques. Les inflorescences qui apparaissent au sommet du premier cycle sont ainsi insérés le long de la pousse annuelle. Mais on trouve également des pousses à évolution sexuelle monocyclique et, dans ce dernier cas, les inflorescences femelles sont situées dans la partie subterminale de la pousse.

Les conelets sont ovoïdes, de 3 à 4 mm de large sur 8-10 mm de long et portés par un long pédoncule oblique. Ils sont souvent dressés par rapport au rameau. On remarque un court mucron sur le dos de l'écaille.

7a. — Coupe d'une aiguille de *P. khasya*: vue d'ensemble.

7b. — Idem. Détail de l'épiderme, sous-épiderme, canal résinifère (face externe).

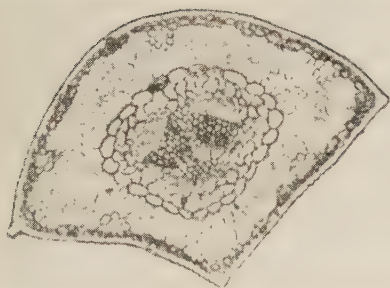
7c. — Idem. Détail du cylindre central, des faisceaux libéro-ligneux, cell. de sclérenchyme.

8a. — Coupe d'une aiguille de *P. merkusii*: vue d'ensemble.

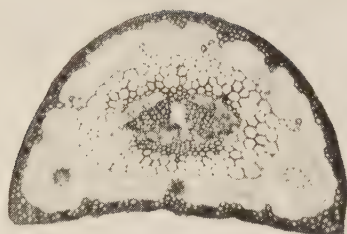
8b. — Idem. Détail de l'épiderme, sous-épiderme, endoderme, stomate et canal résinifère (face convexe).

8c. — Idem. Détail des mêmes éléments à la face plane.

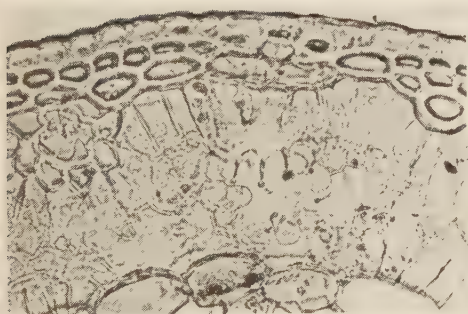
PLANCHE III



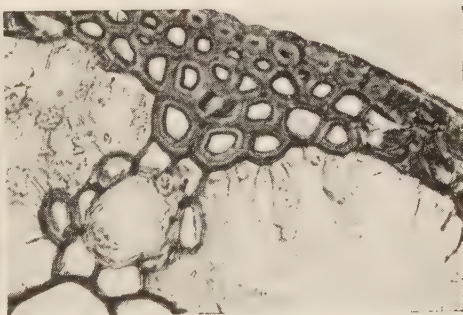
7a



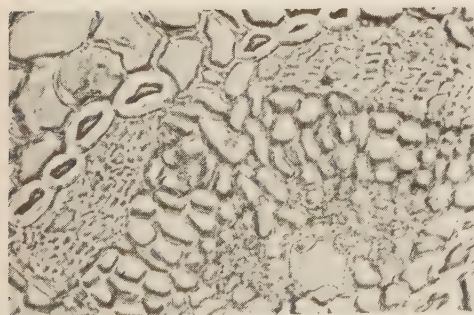
8a



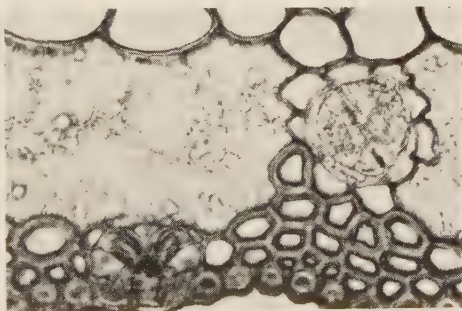
7b



8b



7c



8c

Verts à l'état jeune, les cônes deviennent d'un brun mat à maturité et mesurent 8-10 cm de long sur 4-5 cm de large. Les écailles sont ligneuses, résistantes avec un écusson plus large que haut, proéminent, portant au centre un ombilic dorsal légèrement saillant losangique, muni d'un piquant plus ou moins persistant. La moitié supérieure de l'ombilic est un peu réfléchi. Les plus grandes écailles mesurent 3,5 cm de long sur 1,5 cm de large, et abritent deux graines ailées.

Comme chez tous les pins polycycliques, les cônes sont persistants. Ils restent plusieurs années adhérents à la branche support, après que les graines s'en sont déjà échappées, car le cône est déhiscent.

Ce caractère biologique qu'est la persistance du cône est caractéristique. Il est sans nul doute lié au type morphogénétique de l'espèce.

La maturation est bisannuelle. Les graines arrivent à maturité de décembre à janvier, c'est-à-dire au début de la période sèche, ce qui contribue au succès de la germination. La dissémination débute normalement en avril grâce à des vents secs qui font ouvrir les cônes et peuvent transporter au loin les graines, petites et largement ailées.

Chatons mâles. Les chatons mâles sont nombreux, sessiles, groupés en manchon à la base de la zone des brachyblastes. Il faut noter que les pousses à évolution sexuelle mâle, de faible vigueur, semblent toujours monocycliques.

Longs de 2 à 3 cm, sur 0,5 cm de diamètre, les chatons mâles sont ovoïdes et portent des anthères biloculaires, renfermant des grains de pollen munis de deux ballonnets relativement gros. Des mesures micrométriques effectuées sur 100 grains de pollen, pris au hasard sur différents chatons mâles, ont donné comme moyenne 55 microns de large sur 42 microns de haut.

e) Graines.

Les graines sont ovoïdes, brunes, à cotylédons nombreux avec une aile oblongue plus ou moins adhérente souvent de trois à quatre fois plus longue que la graine elle-même qui, compte tenu de leur poids relativement léger contribue grandement à la dissémination des semences souvent à plusieurs kilomètres du semencier.

Voici la moyenne des mesures faites sur 100 graines de *Pinus khasya*, prises au hasard dans un stock de graines récoltées sur des arbres fertiles, à cime bien développée et à croissance satisfaisante :

Longueur de la graine sans l'aile	5,34 mm
Diamètre de la graine	3,50 mm
Longueur de l'aile	20,10 mm
Largeur de l'aile	3,96 mm

D'autre part, le poids de 1 000 graines du même échantillon est de 17,878 g. Dans un kilogramme de graines de *Pinus khasya*, il y a en moyenne 55 000 graines bien séchées au soleil.

Nous donnons ci-après un tableau comparatif des dimensions poids et nombre de graines au kilogramme, concernant les graines de trois provenances que nous avons utilisées dans nos semis.

Provenance	<i>Pinus</i> <i>langbianensis</i> —	<i>Pinus</i> <i>khasya</i> —	<i>Pinus khasya</i> var. <i>insularis</i> —
Longueur de la graine (en mm)	5,34	5,65	5,80
Diamètre de la graine (en mm)	3,50	3,57	3,64
Poids moyen de 100 graines (en g) ..	17,878	19,051	19,976
Nombre moyen de graines dans 1 kg ..	55 000	52 000	50 000

(Nombre de graines mesurées: 100 par échantillon).

f) *Plantules.*

Les jeunes plantules de *Pinus khasya* ne portent la première année que des euphylls simples, scabres, finement denticulées sur les bords, d'un vert glauque.

Le nombre de cotylédons peut varier de six à neuf.

Le jeune plant est peu sensible à l'acidité du terrain et pousse avec vigueur dès sa naissance. Il peut atteindre 35 mm à 3 mois, 55 mm à 4 mois, 98 mm à un an et 230 mm dès deux ans. Malgré ses grands besoins en lumière, il se défend assez bien contre la concurrence.

Etude comparée des plantules de Pinus khasya de différentes provenances.

Nous donnons ci-après le tableau comparatif du nombre et de la longueur des cotylédons des plantules obtenues à partir des graines des trois mêmes provenances précitées.

Provenance	<i>Pinus</i> <i>langbianensis</i> —	<i>Pinus</i> <i>khasya</i> —	<i>Pinus khasya</i> var. <i>insularis</i> —
<i>Nombre de cotylédons:</i>			
Minimum	6	5	4
Maximum	9	10	8
Nombre prédominant	7	8	7
<i>Longueur des cotylédons:</i>			
Minimum (en mm)	16	26	22
Maximum (en mm)	35	40	41
Longueur prédominante (en mm) ..	25	33	22

(Nombre de plantules observées: 100 par échantillon).

g) *Ecorce.*

L'écorce de *Pinus khasya* est assez polymorphe. Son épaisseur change avec la hauteur du fût et son aspect général change avec l'âge. De 2 à 3 cm d'épaisseur au pied, elle n'est plus que de quelques millimètres en haut du fût. Elle est toujours crevassée sur les vieux sujets et constitue un rhytidome formé de larges plaquettes serrées, irrégulières, d'un gris-rougeâtre et se détachant par endroits.

L'écorçage frais n'est pas facile.

h) *Racines.*

L'enracinement est des plus variables. En sol filtrant et profond, le pivot se développe beaucoup jusque vers 30-40 ans puis il se forme de puissantes racines latérales obliques. En terrain superficiel ou compact, le pivot s'oblitére et les racines latérales s'étalent au loin. Dans l'ensemble, l'arbre est assez solidement ancré au sol et résiste bien au vent, mécaniquement comme physiologiquement.

C. — *Pinus merkusii*

1. — AIRES NATURELLES DE RÉPARTITION

Tout comme *Pinus khasya*, *Pinus merkusii* est une espèce collective dont il existe plusieurs formes géographiques et dont l'aire naturelle de répartition, très vaste, englobe presque toute l'Asie du Sud-Est. Cette aire s'étend en effet, de l'Est à l'Ouest, des Philippines jusqu'aux Indes, à travers tout le Vietnam, le Laos, le Cambodge, la Thaïlande, et du Nord au Sud, de la Birmanie et de la presqu'île de Malacca jusqu'à l'archipel de la Sonde: Sumatra, Java, Bornéo, les Moluques. C'est la seule espèce du genre *Pinus* qui s'avance aussi loin dans l'hémisphère austral.

Aux Indes et en Birmanie, d'après J.-S. GAMBLE [66], sa limite septentrionale semble coïncider avec les peuplements situés sur les collines du Sud des Etats Chan ou le long de la rivière de Salouan en Birmanie. Il couvre aussi les forêts de Martaban et de Tenasserim — d'où son nom anglais de Tenasserim pine —. Ce sont des arbres de 18 mètres de hauteur totale avec 1,80 m de circonférence, au bois assez dur, très résineux, poussant presque toujours en mélange avec les essences feuillues et de préférence à des altitudes inférieures à 1 000 mètres. Etant donné la surface restreinte de ces peuplements, leur production de bois d'œuvre est d'importance secondaire. Les indigènes en retirent surtout de l'essence de térébenthine et de la résine servant à la confection des torches qui alimentent un commerce local relativement important. *Pinus merkusii* se retrouve également dans la région de l'Assam, avec les mêmes caractéristiques.

Une race spéciale à la Chine tempérée se rencontre, d'après A. CHEVALIER [30] au Yunnan, à Hongkong, dans le Centre et le Sud de la Chine, avec des arbres de grande taille, aux branches verticillées et plus ou moins étalées en parasol.

Aux Philippines, *Pinus merkusii* [133] forme d'assez beaux peuplements, quelquefois en massifs purs, le plus souvent mélangés à des feuillus, à Mindoro, aux Zambales où il monte jusqu'à 900 mètres d'altitude. Aux altitudes supérieures, il est remplacé par *Pinus khasya* var. *insularis* qui, lui, vient toujours en peuplement pur.

Son abondance en fait un arbre très important pour ces régions. Il fournit une résine de bonne qualité à partir de laquelle on obtient le noir de fumée et un vernis spécial.

En Thaïlande [6], on distingue à côté d'une race de plaine, une race d'altitude. La première pousse en mélange avec des feuillus dans la vallée du Mékong et de ses affluents, entre 50 et 150 mètres au-dessus du niveau de la mer, sur des sols alluvionnaires, fertiles, bien drainés, dans des stations à précipitations annuelles variant de 1 000 à 1 800 mm, avec 5 ou 6 mois très secs. La seconde envahit plutôt les hautes montagnes, au sol pauvre, sablonneux, filtrant, mais qui sont avantagées par une pluviosité plus forte, de 1 500 à 2 000 mm par an, et une saison sèche plus courte, de 2 à 4 mois secs seulement. Cette race d'altitude s'étage entre 400 et 900 mètres et se rencontre également en peuplements mixtes.

Au Cambodge [2], la zone de végétation de *Pinus merkusii* s'étend sur environ 700 000 hectares, dans les provinces de Kompong Thom, Siemrap, Battambang, Pursat, Kompong Chnang et Kompong Speu ; mais les superficies réellement boisées en *Pinus merkusii* sont beaucoup plus réduites, de l'ordre du dixième seulement de cette surface. En effet, ce sont des peuplements mixtes où *Pinus merkusii* est noyé au milieu d'autres essences. Les densités, très variables, peuvent atteindre plus de 100 arbres à l'hectare dans les peuplements purs ou presque, mais se réduisent à quelques unités seulement à l'hectare dans les peuplements mélangés. La régénération est bonne partout où les incendies ne viennent pas détruire les jeunes semis. La croissance des jeunes sujets se révèle alors comme très satisfaisante et très rapide. Les arbres sont normalement exploitables à partir de 0,60 m de diamètre à hauteur d'homme. Le bois servant à la construction des meubles d'usage courant, est souvent connu sous le nom de Pitchpin du Cambodge.

Au Sud de la Birmanie et de la Thaïlande, l'aire de *Pinus merkusii* se poursuit à travers la presqu'île de Malacca. Il constitue d'importants massifs au Nord de Sumatra où il semble atteindre son optimum écologique entre 500 et 2 000 mètres [133]. L'arbre présente ici un fût droit, cylindrique, bien élancé, avec des dimensions respectables (de 60 à 70 mètres de hauteur totale sur 100

à 150 cm de diamètre). Il donne un bois qui ne cède en rien à celui des pins d'Europe et d'Amérique. LAMB A.-F.-A. (1) croit y distinguer deux formes: celle de Tapanauli dont le tronc est plus rectiligne mais la taille plus petite et celle d'Atjah à l'écorce plus grossière. Sur les montagnes d'Atjah, on n'observe pas sous le couvert la présence d'un tapis herbacé bien marqué alors que cette couverture vivante est très caractéristique ailleurs. D'après la table de production de FERGUSON [60], les accroissements moyens annuels en bois fort non écorcé sont de l'ordre de 30 m³/ha/an jusqu'à 20 ans, et de 27 m³/ha/an jusqu'à 30 ans, tout au moins pour les meilleures classes de fertilité.

Le climat de l'archipel de la Sonde est caractérisé par une température élevée qui n'oscille qu'entre d'étroites limites, avec une température moyenne de 11° C à 17° C pour les forêts de haute montagne, de 17° C à 23° C pour les forêts de montagne et de 23° C à 26° C pour les forêts de plaine. Aussi, *Pinus merkusii* y trouve-t-il des conditions optimales de station. Il se montre pourtant d'une plasticité remarquable vis-à-vis des différents facteurs du milieu. En dehors de sa zone optimum, *Pinus merkusii* prospère aussi bien dans les plaines de très basse altitude (jusqu'à 60 mètres) que dans les zones de très haute montagne, à 2 000 mètres et même plus. Il supporte en Indonésie aussi bien les climats pluvieux que les climats arides, témoin les plantations de Buitenzorg qui possède un climat très pluvieux et celles de Bali qui, au contraire, présente un climat de savane.

Il se montre également fort peu exigeant quant à la fertilité du sol. S'il préfère normalement les sols bien drainés et secs, il s'installe aussi bien sur les terrains compacts, imperméables et s'accommode volontiers de conditions précaires.

C'est ainsi que *Pinus merkusii* constitue dans ces régions une véritable culture pionnière qui croît là même où la graine ne peut atteindre qu'un sol minéral très superficiel, que ce soit sur des mamelons dénudés par les défrichements antérieurs ou sur des terrains récemment ravagés par les incendies ou même sur des éboulements récents.

A Sumatra et à Java, *Pinus merkusii* forme souvent des peuplements purs qui sont soit des forêts primaires, soit des formations secondaires résultant des cultures itinérantes abandonnées.

Mais lorsque ces forêts de pins sont épargnées par l'incendie durant assez longtemps, des essences feuillues viennent d'abord s'installer sous leur couverture, puis arrivent à la longue à dominer et alors *Pinus merkusii* ne peut plus se maintenir qu'à l'état de peuplement mixte.

(1) Document non publié, communiqué aimablement par l'auteur.

En définitive, *Pinus merkusii* peut être considéré à juste titre comme une espèce des plus caractéristiques des tropiques. Dans la seule partie vietnamienne de son aire immense, on doit déjà distinguer au moins deux formes :

1° *Pinus merkusii* proprement dit (Jungh et de Vries), que nous étudierons en détail dans ce qui suit, et

2° *Pinus tonkinensis* Chev.

Cette dernière espèce dite « Pin du Tonkin » n'existe à l'état spontané que dans le Nord Vietnam, où elle donne un bois blanc assez recherché et aussi de la résine. Elle forme des massifs d'une certaine importance à Taphing à 1 600 mètres d'altitude dans le Laokay.

Dans le Quangyên, elle est rassemblée en peuplements purs (environ 10 000 ha), entre la rivière de Chotroi et l'arroyo de Bitluong (A. CHEVALIER) [30].

Pinus tonkinensis Chev. est également traité pour le gemmage dans les pineraies de Hoangmai dans le Nghean.

C'est un arbre de 30 mètres de hauteur totale, affectant la forme d'une pyramide écrasée avec un fût relativement droit mais assez court, des aiguilles fasciculées par deux, réunies à la base par une gaine persistante d'un blanc grisâtre.

A part de petites différences anatomiques (GREGUSS) [71], les deux principales caractéristiques qui permettent au point de vue morphologique de séparer cette espèce de *Pinus merkusii* Jungh et de Vries, ce sont les dimensions des aiguilles qui mesurent jusqu'à 27 cm de long sur 0,1 cm de large et celles des cônes qui sont sensiblement plus petites (6-10 cm) avec des apophyses nettement saillantes.

Dans ce qui va suivre, nous ne parlons que de *Pinus merkusii* Jungh et de Vries (sensu stricto), dont nous avons étudié la forme spontanée du Centre-Vietnam.

*
**

Pinus merkusii Jungh et de Vries communément dénommé pin à deux feuilles et dont le nom vernaculaire est « Thong hai la », existe au Vietnam sur le plateau du Haut-Donnaï aux environs de 1 000 mètres d'altitude où il forme les principaux peuplements souvent en mélange avec le Dau (*Dipterocarpus obtusifolius*).

Mais on le trouve aussi sur les massifs méridionaux du Langbian à une altitude variant de 650 à 1 000 mètres mélangé aux feuillus, surtout aux fagacées, dont la proportion va en diminuant à mesure que l'on s'élève, mélangé aussi à *Pinus khasya* dans la limite inférieure de son aire, c'est-à-dire aux abords de 900 ou 1 000 mètres

d'altitude. A partir de 1 000 mètres, *Pinus khasya* va constituer des peuplements purs, car *Pinus merkusii* ne se rencontre pas au-dessus de cette altitude.

Enfin, le massif de Cana, dans la division forestière de Tourcham, comporte également un peuplement naturel de *Pinus merkusii* qui s'installe sur le faite des mamelons. Ici, comme sur le plateau du Haut-Donnai et les massifs méridionaux du Langbian, *Pinus merkusii* n'est vraiment homogène à aucun endroit.

Les peuplements du Haut-Donnai et du Langbian couvrent environ 30 000 hectares, celui de Cana, 2 000 hectares.

2. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX

C'est un arbre adulte pouvant atteindre 30 mètres de hauteur totale, avec un tronc cylindrique, un fût dépourvu de branches jusqu'à une grande hauteur (10 à 15 mètres environ), surtout dans les massifs où la densité du peuplement favorise au maximum l'élagage naturel. Il est susceptible d'atteindre des dimensions plus considérables et une plus grande longévité que son voisin *Pinus khasya*. Les diamètres exploitables sont de l'ordre de 50 cm. Mais *Pinus merkusii* résiste très bien au passage du feu et des fûts de 2 mètres à 2,50 mètres de circonférence, malheureusement très rares, au milieu des rays — ou cultures itinérantes — attestent que malgré les ravages incessants occasionnés par le feu, ces pins ont toujours prospéré et tenu bon.

En plus de sa résistance au feu, sa résistance au chablis mérite aussi d'être notée. Outre un pivot robuste, *Pinus merkusii* est doté de fortes racines latérales bien ancrées au sol qui lui permettent de résister au vent en même temps que d'explorer une vaste surface pour sa nutrition.

Les pins de 40 à 50 cm de diamètre ont de 80 à 100 ans suivant les individus, car la grosseur des arbres varie beaucoup avec la nature des peuplements. A partir de 100 ans, la croissance de *Pinus merkusii* ralentit considérablement et les accroissements annuels deviennent excessivement étroits, de l'ordre de 2 mm et même moins (cf. cliché n° 17), ce qui laisserait à penser que les pins de 80 cm de diamètre et plus peuvent avoir plus de 250 ans. Mais il faut reconnaître qu'à partir de cet âge, *Pinus merkusii* commence déjà à dépérir visiblement.

Le jeune bois de *Pinus merkusii* se prête presque aussi bien que celui de *Pinus khasya* à la fabrication de la pâte à papier. Mais alors que ce dernier n'est pas traité pour le gemmage, les peuplements de *Pinus merkusii* du Haut-Donnai sont pour la plupart aménagés en vue de la production de gemme. *Pinus merkusii* produit, en effet, outre un bois largement utilisé dans la construction, une excellente résine qui peut être comparée avantageusement aux gemmes récoltées dans les Landes françaises [96].

3. — CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

a) Port.

Pinus merkusii présente souvent de grosses branches plus ou moins tortueuses et une cime à ramification diffuse qui accuse dès le jeune âge une nette tendance à s'étaler en parasol. C'est un caractère lié sans doute au type morphologique de l'espèce.

Le cliché n° 5 représente un pin à deux feuilles avec son port caractéristique qui fait facilement croire, si l'on n'y prend garde, à celui d'une essence feuillue.

Sur les sols arides et rocailleux, les rameaux sont plus étalés et le fût rarement droit, souvent même fortement incliné.

Le couvert est léger, la cime est très peu fournie. Ce couvert est si faible qu'il est sans action sur la végétation herbacée ou ligneuse qui peut exister sous *Pinus merkusii*. Et c'est là un caractère qui a de grandes répercussions sur l'existence de la forêt.

b) Ramification.

Ce qui sépare surtout *Pinus merkusii* de *Pinus khasya* c'est sa ramification qui est de type monocyclique. La pousse ne comprend qu'un seul cycle morphogénétique par saison de végétation. Les bourgeons sont ovocylindriques non résineux. Les écailles sont scarieuses, brunes, lancéolées, acuminées, longues de 8 à 10 mm et souvent persistantes. A la base de la pousse annuelle d'un brun luisant, on distingue des euphylls minces, translucides en forme de lance. Elles sont decurrentes et longuement frangées de blanc. Le jeune pin à deux feuilles a, au début, une ramification assez bien verticillée. Mais celle-ci devient de bonne heure irrégulière et diffuse. Il est alors assez difficile d'apprécier l'âge de l'arbre en comptant les pseudoverticilles de rameaux latéraux. Ce dernier caractère est dû probablement à la faible dominance du bourgeon terminal sur les bourgeons subterminaux.

La période de départ annuel de végétation est un peu plus tardive que celle de *Pinus khasya*. Elle a lieu chaque année entre février et mars. La pousse annuelle mesure normalement entre 40 et 60 cm dans le jeune âge.

c) Aiguilles.

1° *Disposition des aiguilles.* *Pinus merkusii* appartient aux espèces de pins à deux feuilles : celles-ci au lieu d'être assemblées par trois comme chez *Pinus khasya* sont réunies par deux à la base dans une gaine écailleuse. Cette gaine est persistante, d'un roux clair, et mesure de 15 à 18 mm. Elle peut être entière ou finement pelucheuse sur les bords. On signale néanmoins certains cas où se rencontrent sur la flèche de *Pinus merkusii* des faisceaux de trois aiguilles. Ces cas sont tout de même rares.

Les rameaux se dénudent de bonne heure, car les aiguilles ne persistent qu'un an et demi à deux ans. Elles apparaissent vers le début de février, persistent deux étés et tombent dès le deuxième hiver. Les aiguilles de l'année apparaissent ainsi comme groupées en pinceaux serrés à l'extrémité des branches.

2° *Dimensions, forme et couleur.* Les aiguilles de *Pinus merkusii* sont plus longues que celles de *Pinus khasya*. Chez les arbres adultes, ce sont des aiguilles de 15 à 25 cm de long sur 1 mm environ de large.

Voici la moyenne de 50 mesures effectuées sur les aiguilles prélevées sur les branches d'arbres différents, âgés de 60 à 70 ans, qui se sont développés normalement en pleine lumière :

Longueur	21,02 cm
Largeur	1,06 mm
Epaisseur	0,52 mm

Ce sont des aiguilles longues, grêles d'un vert clair, terminées en pointe, canaliculées en dessous, avec d'imperceptibles denticulations sur les bords, ce qui les rend plus ou moins scabres au toucher. Des stomates, disposées en lignes longitudinales, se trouvent sur les deux faces.

3° *Caractères anatomiques* (cf. cliché n° 8 a). L'étude de ces caractères anatomiques a été effectuée à partir de coupes microscopiques d'aiguilles adultes de *Pinus merkusii*, récoltées sur des rameaux d'un an, bien exposées et de développement normal.

La coupe a été pratiquée dans la partie située entre le milieu et le premier tiers inférieur de l'aiguille.

L'aspect de la coupe présente la forme d'une demi-lune, avec comme rapport de l'épaisseur à la largeur : 5/11.

Les caractères de l'anatomie générale de l'aiguille sont les suivants :

Epiderme: Cellules épidermiques à section subquadrangulaire, aux parois fortement épaissies, à lumen réduit à une fente parallèle à la face externe.

Cuticule: Elle est très épaisse, plus accentuée aux points de jonction des cellules. Le contour extérieur paraît peu sinueux.

Stomates: Les stomates sont séparés les uns des autres par des intervalles sensiblement égaux et se présentent sous forme de très fines rangées longitudinales. On distingue en moyenne 9 à 11 stomates sur la face dorsale et 3 à 4 sur chaque face ventrale.

Sous-épiderme: Il est très développé. Il est festonné sur la face externe comme sur la face interne et se compose de 2 à 3 assises de cellules à membranes « épaissies ».

L'aspect du sous-épiderme est homogène; l'épaisseur des parois des cellules est la même dans les assises profondes comme dans les autres.

Canaux résinifères: Il existe des canaux « centraux » noyés dans le parenchyme, des canaux « internes » accolés à l'endoderme et aussi des canaux « septaux » accolés à la fois au sous-épiderme et à l'endoderme. On compte deux canaux primaires qui sont centraux, constants et de grandes dimensions et le plus souvent six canaux accessoires qui sont septaux ou internes moins gros (cf. clichés n^{os} 8 b et 8 c).

Leur gaine est formée de 6 à 8 cellules à parois épaissies, avec un lumen en fente et disposées en une seule assise; rarement deux cellules y sont superposées.

Parenchyme: Le parenchyme présente un cylindre central exceptionnellement large et exceptionnellement épais par rapport à la section transversale de l'aiguille. Il représente un peu plus que les 3/5 de cette section dans le sens de la largeur comme dans le sens de l'épaisseur.

Des mensurations effectuées sur coupes microscopiques donnent les chiffres moyens suivants (moyenne de 10 mesures):

Sens des mensurations	Largeur	Epaisseur
	—	—
Section transversale de l'aiguille	1,06 mm	0,52 mm
Cylindre central	0,68 mm	0,32 mm

Cylindre central: L'endoderme a une forme elliptique. Il est constitué par environ 20 à 30 cellules très inégales, à membranes minces. Les deux faisceaux libéro-ligneux sont presque accolés; une assise de cellules sclérifiées constitue une coiffe du côté phloem. Il existe également de nombreuses cellules à parois sclérifiées du côté xylem. Entre les faisceaux et l'endoderme, existent des cellules d'un tissu de transfusion.

d) *Inflorescences mâles et femelles.*

Pinus merkusii fructifie abondamment vers l'âge de 20 ans pour les arbres croissant dans les massifs. Pour les arbres isolés, ils deviennent féconds plus tôt, souvent à partir de leur dixième année. La floraison a lieu chaque année surtout de février à mars.

Inflorescences femelles (cf. cliché n^o 6 b). Les cônes sont solitaires ou groupés par paires, incurvés vers le bas dès l'état jeune, puis subdressés ou étalés normalement à l'axe du rameau à l'état adulte. Ils ne sont jamais pendants comme chez *Pinus khasya*. Mais tout comme chez ce dernier, ce sont des cônes brièvement pédonculés qui restent persistants longtemps sur les rameaux.

Les cônelets sont mutiques, d'un vert clair, de forme ovoïde et mesurent environ 12 à 18 mm de long sur 5 à 8 mm de large. Le pédoncule est souvent de même longueur que le cônelet lui-même. Les cônes à maturité ont des dimensions souvent plus importantes que ceux de *Pinus khasya*: 8 à 13 cm de long sur 3 à 4 cm de large. Ils affectent ainsi une forme cylindrique allongée à pointe subaiguë avant la déhiscence des écailles.

Les écailles sont ligneuses, coriaces, et portent une apophyse ayant 4 à 5 facettes avec une saillie à la partie supérieure. La carène transversale est nettement marquée alors que la carène longitudinale est moins apparente et souvent remplacée par quelques rides rayonnantes à partir de l'ombilic qui lui-même est généralement déprimé. L'apophyse mesure environ 20 mm de large sur 15 mm de haut.

La dissémination naturelle des graines a lieu de mars à avril chaque année. Les cônes destinés à fournir la graine pour les reboisements artificiels sont récoltés habituellement en décembre.

Chatons mâles. Les inflorescences mâles sont disposées en longs chatons jaune-orange, à la base de la zone des brachyblastes.

Ces chatons mâles mesurent environ 4 à 5 cm de long sur 0,5 cm de large et portent des anthères biloculaires, renfermant de nombreux grains de pollen munis chacun de deux ballonnets. Les grains de pollen de *Pinus merkusii* sont légèrement plus petits que ceux de *Pinus khasya*. Des mesures effectuées sur un lot de 100 grains de pollen extraits des chatons mâles recueillis sur des arbres adultes en bon état de végétation nous ont donné comme moyenne 51 microns de large sur 42 microns de haut.

e) Graines.

La couleur des graines est d'un roux très pâle.

Des mesures effectuées sur un stock de graines provenant d'arbres adultes, fertiles, bien exposés et en état de développement normal, ont donné les moyennes suivantes (100 mesures):

Longueur de la graine (sans l'aile)	6,69 mm
Diamètre de la graine	3,81 mm
Longueur de l'aile	22,12 mm
Largeur de l'aile	5,10 mm
Poids moyen de 1 000 graines	34,074 g
Dans un kilogramme, il y a donc environ 30 000 graines.	

f) Plantules.

La germination des graines a lieu dix ou douze jours après le semis, mais elle n'est en pratique terminée qu'au bout d'un mois.

Les cotylédons, au nombre de 8 en moyenne, restent pendant quelque temps réunis à leur sommet par une enveloppe roussâtre.

Les jeunes plantules de *Pinus merkusii* ne portent, la première année, que des euphylls simples, d'un vert clair, mais qui peuvent devenir plus ou moins jaunâtres dans certains cas. Ce changement de coloration quelquefois pourrait être en rapport avec l'absence de mycorrhizes.

A la suite de mesures effectuées à la Station de Blao, il apparaît qu'à l'âge de 4 mois, les jeunes plants peuvent atteindre 7,5 cm de hauteur au-dessus du collet, avec une racine pivotante presque aussi longue que la tige, mais encore peu ramifiée. A l'âge de 12 mois, ils ont 12 cm environ; à deux ans, 22 cm; à trois ans, 75 cm et à quatre ans, 116 cm.

g) *Ecorce.*

A l'état jeune, *Pinus merkusii* présente une écorce assez mince, tendre, d'un brun-rougeâtre qui diffère peu de celle de *Pinus khasya*. Cette écorce s'épaissit très vite avec l'âge, devient grise ou brune, profondément fissurée. Surtout chez les sujets qui croissent à l'état isolé, il se forme souvent un rhytidome épais de 10 mm et plus, d'un gris cendré, assurant à l'arbre une protection assez efficace contre le feu. Parfois, ce rhytidome s'exfolie en larges plaquettes.

h) *Racines.*

Le « pin à deux feuilles » est caractérisé par un enracinement bien plus robuste encore que celui du « pin à trois feuilles ». Il est doté d'un fort pivot vertical et de nombreuses racines latérales qui à leur tour se ramifient en d'abondantes racines horizontales, verticales ou obliques. Ce système racinaire particulièrement puissant permet à l'arbre d'explorer le sol en largeur comme en profondeur et de résister efficacement aux tempêtes.

CHAPITRE II

LE BOIS ET SES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET MECANIQUES

A. — *Pinus khasya*

1. — L'ARBRE

Pinus khasya donne couramment des fûts de 10 à 15 mètres, pour un arbre de 30 mètres de hauteur totale, avec un diamètre moyen de 50 cm. Le cœur de l'arbre est souvent excentré et la proportion des méplats est relativement importante. En outre, comme l'élagage s'effectue très progressivement, les nœuds sont assez fréquents.

Le coefficient de décroissance du fût varie en général de 0,9 pour les plus beaux sujets, présentant un long tronc, à 2 pour les arbres bas branchus.

On devrait néanmoins tenir compte de l'épaisseur très grande de l'écorce au pied de l'arbre, ce qui tend à augmenter davantage la différence entre le gros bout et le fin bout de la grume. Ainsi, on peut valablement ramener ce coefficient à 1 ou 1,1 sur une grume écorcée. La diminution moyenne du diamètre sera alors aux environs de 1 cm par mètre.

2. — CARACTÈRES ANATOMIQUES DU BOIS

En section transversale, les cernes d'accroissement annuel apparaissent de façon très nette (Cf. cliché n° 9).

Sur une coupe microscopique, ce qu'on observe tout d'abord, c'est la transition brutale entre le bois initial et le bois final.

L'examen des radiographies de « carottes » prélevées à la tarière de Pressler corrobore également cette remarque: les zones claires correspondant au bois initial présentent une limite très tranchée avec les zones de noircissement élevé correspondant au bois final (Cf. cliché n° 15. Les clichés étant des positifs, les zones de faible densité optique apparaissent en plus sombre sur les radios).

Les trachéides ont une section polygonale, avec des angles fortement arrondis. L'épaisseur des parois augmente à mesure que s'avance la période de végétation annuelle.

Le lumen, normalement circulaire, devient aplati tangentiellement, prenant ainsi la forme d'une fente longitudinale près du bord externe de l'accroissement annuel.

Les rayons ligneux sont très étroits (3 à 5 par mm) et présentent une seule file de cellules, qui tranchent par leur teinte sur la masse des trachéides.

Les canaux résinifères longitudinaux sont isolés ou groupés par deux ou par trois de façon assez irrégulière. Leurs dimensions varient de 150 μ à 250 μ . Les parois des cellules bordant le méat sont minces, et non lignifiées. Dans l'ensemble, les canaux sécréteurs sont plus nombreux dans le bois final que dans le bois initial.

En section radiale, on distingue des ponctuations aréolées sur les faces radiales des trachéides, avec des anneaux de Sanio se présentant sous l'aspect d'un arc de cercle, ou même d'un cercle continu.

Les fibres mesurent de 3,6 à 4 mm de longueur, avec une largeur variable, de 75 à 100 μ en général.

Les ponctuations sont au nombre de 1 ou 2, par plage de croisement, avec de grands orifices subrectangulaires (Cf. cliché n° 10).

En section tangentielle, les rayons ligneux apparaissent comme un groupe fusiforme d'une seule rangée de 7 à 8 cellules, en moyenne de 120 à 250 μ (Cf. cliché n° 11).

On aperçoit au milieu de certains d'entre eux un élargissement local dû à la formation de canaux résinifères transversaux.

Les trachéides transversales sont remarquablement nombreuses. Elles forment souvent 5 ou 6 rangées, situées en haut et en bas des rayons ligneux. Les parois de ces trachéides transversales sont rarement lisses, mais plutôt garnies d'ornementations diverses en forme de pointes ou de dents émoussées.

3. — CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES (1)

L'aubier et le bois de cœur sont bien distincts. L'aubier est jaune alors que le cœur est d'un rose-brun, avec des veines de résines plus ou moins marquées.

Le bois est en général à grain fin et la fibre assez droite. Les rayons ligneux, très nombreux, donnent souvent un aspect nacré aux sections sur maille.

Il présente un retrait assez fort :

Rétractibilité totale	14,5 %
Coefficient de rétractibilité	0,44 %
Point de saturation	34 %
Densité à 15 % d'humidité ...	0,600 à 0,700

9. — *P. khasya*. Section transversale.

10. — *P. khasya*. Section radiale.

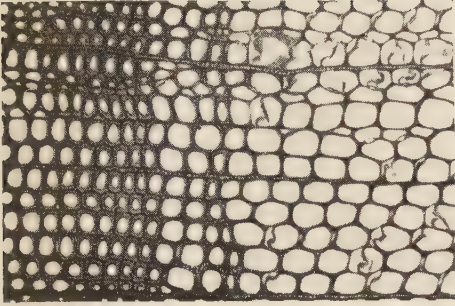
11. — *P. khasya*. Section tangentielle.

12. — *P. merkusii*. Section transversale.

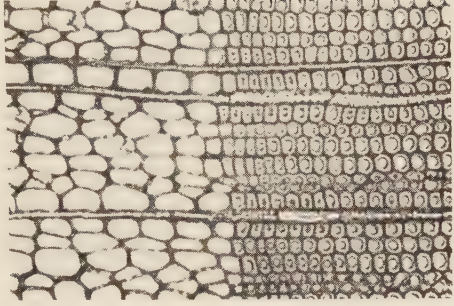
13. — *P. merkusii*. Section radiale.

14. — *P. merkusii*. Section tangentielle.

PLANCHE IV



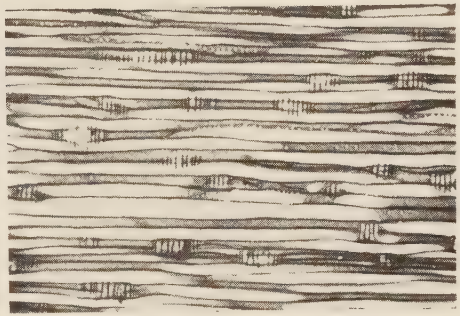
9



12



10



13



11



14

4. — CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES (1)

Compression axiale	390 kg par cm ²
Cote statique C/100 D	6,1
Cote spécifique C/100 D ²	9,9
Flexion statique	1 090 kg par cm ²
Choc	0 kgm 210 par cm ²
Cote dynamique K/D ²	0,50

B. — *Pinus merkusii*

1. — L'ARBRE

Ce pin est en général plus gros, plus haut et plus droit que *Pinus khasya*.

Les plus beaux sujets donnent facilement 15 à 20 mètres de hauteur sous branches, avec un diamètre moyen de 70 à 80 cm.

Le bois de *Pinus merkusii* est souvent déprécié par les mêmes défauts que celui de *Pinus khasya*. Cependant, l'arbre est moins sujet aux méplats.

Le coefficient de décroissance est en général inférieur à 0,8.

2. — CARACTÈRES ANATOMIQUES DU BOIS

La section transversale est caractérisée par des zones d'accroissement assez visibles, mais pas aussi accentuées que celles de *Pinus khasya* (Cf. cliché n° 12).

Le passage du bois initial au bois final est sinon brutal, du moins assez peu progressif (Cf. cliché n° 16). Tout comme sur le bois de *Pinus khasya*, on peut facilement observer sur ces clichés le manque d'homogénéité de la structure se traduisant par la largeur irrégulière des cernes et aussi par la fréquence des zones partielles de bois final au milieu du bois initial, qui accusent des reprises périodiques de la végétation par suite de l'existence d'une courte saison sèche dans le courant de la saison humide (Cf. graphique n° 1 des indices de De Martonne).

Les trachéides sont groupées en séries radiales, avec d'assez larges espaces intercellulaires entre elles. Les parois sont épaisses. Ce sont des trachéides exceptionnellement larges et exceptionnellement longues pour le genre *Pinus*. Leur longueur est d'environ 7 mm.

Les rayons ligneux, de 4 à 6 par mm, se déchirent facilement.

Pinus merkusii possède de très grands canaux résinifères, variant de 160 à 300 μ irrégulièrement distribués et entourés par une zone de parenchyme ligneux à parois minces.

La résine est plus abondante que chez *Pinus khasya*.

(1) Cf renvoi à la fin du chapitre.

En section radiale, on observe la présence de trachéides transversales, aux parois nettement dentelées, avec des épaisissements réticulés (Cf. cliché n° 13).

Les trachéides de printemps possèdent des ponctuations groupées par 3 ou par 4, entourées par des crassules.

En section tangentielle, le nombre maximum de rangées superposées de cellules dans les rayons ligneux varie de 10 à 15. Certains de ces rayons contiennent un canal sécréteur radial (Cf. cliché n° 14).

Pinus merkusii est doté en somme d'un nombre de rayons ligneux plus élevé, des canaux résinifères plus grands et des fibres plus développées en longueur que *Pinus khasya*.

3. — CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES (1)

Le bois de cœur est plus ou moins chargé de résine, ce qui lui donne une teinte brun-rouge foncé. L'aubier est d'un jaune clair, et très souvent bleu.

La richesse de teneur en résine lui confère une certaine stabilité avec un retrait total plus faible que celui de *Pinus khasya*.

Cependant, ce bois se caractérise par une très grande diversité dans ses propriétés physiques et mécaniques.

Certains échantillons très riches en résine présentent une densité $D_{15} = 0,900$ alors que la densité moyenne de *P. merkusii* est comprise entre 0,650 à 0,750 à 15 % d'humidité.

4. — CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES (1)

Compression axiale	510 kg par cm ²
Cote statique C/100 D	6,8
Cote spécifique C/100 D ²	10
Flexion statique	1 150 kg par cm ²
Choc	0,320 kgm
Cote dynamique K/D ²	0,70

(1) Les mesures des caractéristiques physiques et mécaniques ont été effectuées au Laboratoire de la Chaire de Technologie de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts, suivant les principes de la méthode Monin. Les essais sur éprouvettes ont été faites, d'après les normes AFNOR B 51-008, AFNOR B 01-007, AFNOR 51-004, sur la machine AMSLER pour la flexion statique - compression axiale - compression de flanc et sur le mouton-pendule pour le choc. Parallèlement à ces méthodes classiques, un certain nombre de recherches ont été réalisées en utilisant des prélèvements effectués à la tarière de Pressler, et en appliquant la méthode de l'analyse densitométrique [112]. Ces recherches ont porté notamment sur les caractéristiques suivantes : largeur moyenne des cernes, variation de la largeur individuelle des cernes suivant l'éloignement de la moelle, densité globale des carottes, variation de la densité suivant l'âge des cernes, variation de tous ces facteurs en fonction de l'essence, de la station et du mode de traitement appliqué à la forêt. Comme ces études dépassent le cadre de ce travail, elles seront publiées ailleurs.

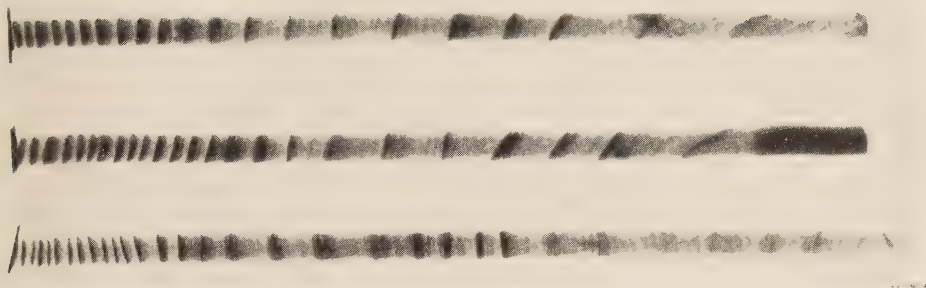
15. — Positif d'après radiographie de 3 carottes de *P. khasya* (les zones de noircissement élevé correspondant au bois final) : manque d'homogénéité, fréquence des doubles cernes, proportion importante en bois juvénile, limite brutale entre bois final et bois initial.

16. — *P. khasya* : profil densitométrique traduisant les mêmes caractéristiques. L'allure de la courbe convexe vers le haut indique que la densité augmente rapidement au début de chaque saison de végétation.

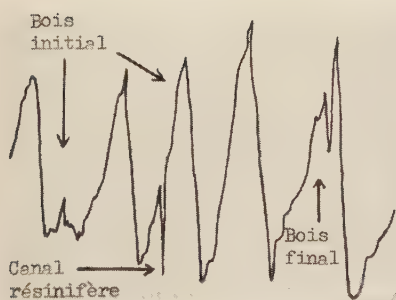
17. — Carottes de *P. merkusii* : fort pourcentage en bois final où abondent les canaux résinifères, largeur irrégulière des cernes, doubles cernes.

18. — Courbe densitométrique de *P. merkusii* : forte texture, passage brutal du bois initial au bois final.

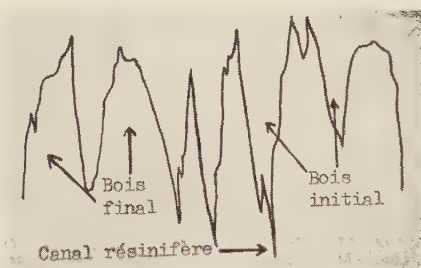
PLANCHE V



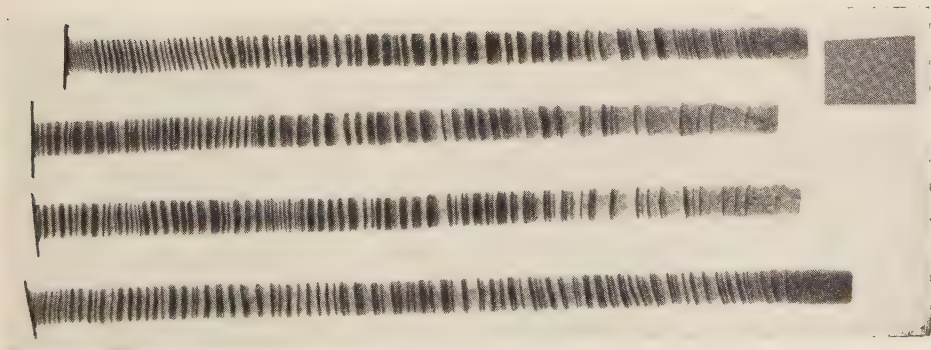
15



16



18



17

IV. Étude dynamique

CHAPITRE I

ÉCOLOGIE

Nous avons ci-devant étudié le végétal en le supposant immobilisé et soustrait à toute action du milieu.

Or, l'arbre, et le groupement végétal avec lequel il fait partie intégrante, est une réalité essentiellement mouvante.

Le problème se pose donc maintenant de savoir comment ces peuplements de *Pinus khasya* et *Pinus merkusii* ont effectivement évolué sous l'influence des facteurs naturels, eux-mêmes d'ailleurs en perpétuel mouvement: facteurs d'ordre climatique, édaphique et biotique.

A. — *Pinus khasya*

1. — FACTEURS CLIMATIQUES

a) *Température, pluviosité et humidité relative.*

Les grandes différences climatiques entre les diverses stations marquées par la présence de *Pinus khasya* montrent que cette essence est douée d'une plasticité remarquable vis-à-vis du climat.

Certes, c'est au Plateau du Langbian que ce pin occupe les plus vastes étendues et c'est dans cette région qu'il trouve son optimum écologique. Une saison sèche peu marquée, une forte humidité de l'air, une température parmi les plus basses des montagnes du Sud Vietnam, autant de facteurs qui s'y conjuguent pour assurer à ces peuplements leur meilleur état de végétation.

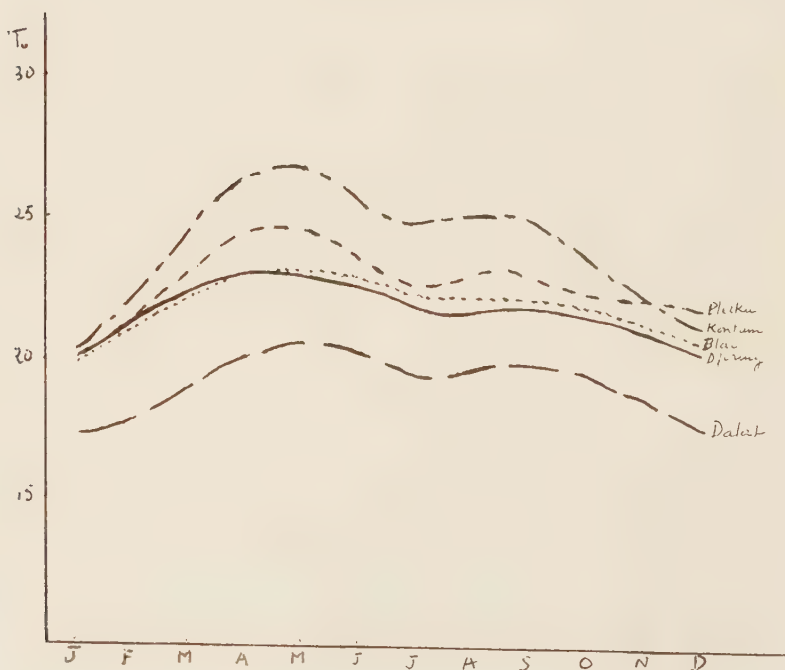
Mais en dehors de sa terre d'élection, *Pinus khasya* s'accommode aussi bien des conditions climatiques trouvées soit sur le Plateau du Haut-Donnai où les maxima, les minima et les températures

moyennes annuelles s'élèvent de l'ordre de 3° C, soit sur les massifs méridionaux du Langbian dont nous n'avons pas de données précises mais dont il est sûr que la température moyenne annuelle augmente nécessairement dans la même proportion.

Cette plasticité, il est vrai, comporte des limites. Là où la température diverge davantage dans le sens d'une augmentation plus sensible des moyennes annuelles, le « thong ba la » semble avoir du mal à s'installer. Ainsi, les reboisements en *Pinus khasya* à Pleiku ne sont pas brillants. A Kontum, les peuplements naturels de Dak Glae sont bas branchus, s'élaguent mal, souvent s'étiolent et meurent. Or, ces deux derniers endroits se signalent par une température moyenne annuelle nettement supérieure à celle de Dalat (Cf. graphique n° 2).

GRAPHIQUE n° 2

Graphique représentant les variations des moyennes mensuelles de température des diverses stations



Quant à son pouvoir de résistance contre le froid, il se révèle comme relativement satisfaisant. *Pinus khasya* a toujours bien supporté les plus basses températures d'hiver de Dalat, ainsi que les gelées blanches dans les bas-fonds environnants.

Pour évaluer cette résistance au froid, nous avons semé en mai 1964 à l'Arboretum d'Amance, en Meurthe-et-Moselle, quatre lots de graines de différentes provenances :

- 1 lot de *P. khasya* Royle de Birmanie,
- 1 lot de *P. khasya* var. *insularis* des Philippines,
- 2 lots de *P. khasya* Royle récoltés à Dalat.

Tous les semis qui en sont issus ont supporté sans dommage apparent des températures minimales sous abri de -5°C durant tout le mois de novembre 1964. En décembre, ils ont également bien traversé une période de début du mois où il a gelé continuellement, par des températures minimales de -3°C de nuit et -2°C de jour. (Ce sont toutes des températures relevées sous abri.) Entre le 20 et le 30 décembre, les températures minimales se sont baissées progressivement de -1°C jusqu'à -14°C en passant par toutes les valeurs intermédiaires. C'était une période de gelée continue, accompagnée d'une légère couche de neige de 1 à 2 cm, qui n'a pas recouvert entièrement les jeunes plants. Le 30 semblait être la journée la plus froide de tout l'hiver 1964 avec comme minimum -14°C de nuit et -8°C de jour sous abri. A partir du 31, la température s'est brusquement réchauffée avec -4°C de nuit et 1°C de jour, suivie aussitôt de trois jours de grand ensoleillement. La neige a fondu. Alors tous les quatre lots de semis ont ensemble et très vite roussi puis éclaté. Ainsi, de jeunes semis de *Pinus khasya* n'ont pas pu supporter des températures aussi basses que celles auxquelles ils ont été soumis.

Pinus khasya paraît exigeant quant à l'humidité de l'air. En effet, les localisations de ce pin s'expliquent partout par un besoin strict d'un certain minimum, assez élevé, d'état hygrométrique. Les moyennes annuelles de l'humidité atmosphérique oscillent aux environs de 84,3 pour Dalat. Elles descendent plus bas à Djiring (82,8), où *Pinus khasya* ne se plaît pas tout à fait, et nettement plus bas encore à Kontum (76,4), Pleiku (81,5) et Banmethuot (82,0), où les travaux de reboisement n'ont pas apporté de résultats positifs. Dans les deux derniers endroits — Pleiku et Banmethuot — la faiblesse de la nébulosité et l'intensité des vents desséchants augmentent encore les effets de la sécheresse.

Cette influence de l'état hygrométrique de l'air apparaîtra de façon plus visible encore, si poussant plus loin l'analyse, on est amené à distinguer au Langbian deux zones de forêts de *Pinus khasya* assez distinctes dans leur état de végétation : d'une part, l'ensemble des forêts couvrant le Plateau du Langbian proprement dit, qui se caractérisent par des peuplements plus ou moins homogènes, plus ou moins clairs, assez largement ouverts, et de l'autre, la région du Bidoup, où la forêt est bien plus dense, avec les plus beaux sujets de *Pinus khasya*. Or, c'est précisément sur les versants mon-

tagneux du Nord-Est de Dalat : le Bidoup (2 287 m), le Pic du Langbian (2 163 m), ainsi que leurs abords immédiats, que l'humidité relative atteint le plus fréquemment le point 100.

Notons que c'est là aussi la zone la plus arrosée.

Or, cette double influence bénéfique de la pluviosité et de l'humidité relative de l'air va apparaître également sur une plus grande échelle si nous comparons Dalat aux autres stations : La saison sèche ne dure que 4 mois à Dalat. Elle est de 5 mois à Djiring, contre 6 à Kontum, Pleiku et Banmethuot, cette dernière étant surtout marquée par une sécheresse très accentuée les mois de janvier et février, avec des indices de De Martonne particulièrement bas de 0,7 et 0,3.

b) *Altitude.*

D'une façon générale, on peut affirmer avec P. MAURAND [96] que « les pins à deux feuilles (*Pinus merkusii*) se trouvent aux altitudes inférieures à 1 000 mètres ; les pins à trois feuilles (*Pinus khasya*) au-dessus ».

La réalité est néanmoins un peu plus complexe.

Pinus khasya se rencontre effectivement en altitude élevée. Les peuplements du Langbian occupent une altitude moyenne de 1 500 mètres et peuvent monter jusqu'à 2 300 mètres sur les flancs du Chu Yang Sinh. Mais il descend parfois bien plus bas. Si le peuplement de Dak Glac est à 1 200 mètres, celui du Yankar à 1 100 mètres, celui de Tourland-To à 1 000 mètres, la zone de contact entre *Pinus khasya* et *Pinus merkusii* au Col de Bellevue se trouve plutôt à 950 mètres et dans les massifs méridionaux du Plateau du Langbian, *Pinus khasya* descend volontiers au-dessous de 900 mètres.

M. SCHMID [123] l'a même trouvé dans la vallée du Krong No, vers 550 mètres d'altitude. On doit convenir, il est vrai, qu'à des altitudes inférieures à 900 mètres, *Pinus khasya* ne se rencontre plus qu'en pieds isolés, disséminés au milieu des autres formations.

Il demeure cependant que dans les zones de contact entre les deux espèces, leur répartition ne semble pas toujours se faire selon les variations d'altitude. Il est fréquent de voir, dans la Réserve de Yankar par exemple, des peuplements de *Pinus khasya* s'installer au-dessous des peuplements de *Pinus merkusii*. Des conditions écologiques locales peuvent donc entraîner une inversion de la disposition altitudinale générale des deux Pins.

c) *Lumière.*

C'est au Pin maritime (*Pinus pinaster*) des Landes qu'on pense en premier lorsqu'on veut rapprocher notre « pin à trois feuilles » d'un pin de pays tempéré. Comme *Pinus pinaster*, *Pinus khasya*

est une essence de pleine lumière. Tous les deux exigent d'être constamment au soleil à tous les moments de leur existence. Cependant au Langbian, le jeune plant de *Pinus khasya* peut supporter un léger tamisage des rayons trop ardents du soleil. Cela lui est même nécessaire au cours de ses deux premières jeunes années. En pépinière, des ombrières doivent être utilisées par fortes chaleurs.

Ainsi, affecté par des exigences strictes pour la lumière et l'humidité atmosphérique, *Pinus khasya* se montre particulièrement inapte à résister à la concurrence des autres espèces et des morts-bois.

Il forme des massifs purs d'une certaine étendue capables de se régénérer naturellement dans les stations où des circonstances particulières, notamment l'acidité du sol, viennent gêner les autres essences. Mais ailleurs, il ne se rencontre qu'à l'état disséminé ou par petits bouquets très rares.

Sur le Plateau du Haut-Donnaï, on trouve fréquemment de belles brosses de semis de *Pinus khasya*. Mais elles n'arrivent jamais à percer, sous le couvert de *Pinus merkusii* en mélange notamment avec *Dipterocarpus obtusifolius* (dâu trà beng).

d) Exposition.

L'exposition n'est pas indifférente à l'évolution et à l'état de végétation des peuplements de *Pinus khasya*. Mais, à l'inverse de ce qui se passe dans les pays tempérés, son influence ne vient pas de l'intensité lumineuse plus ou moins forte, ou des radiations calorifiques plus ou moins importantes qu'elle intercepte. Son action se traduit surtout par la pluviosité plus ou moins grande qu'elle amène. Elle se traduit aussi par l'obstacle que l'un ou l'autre des versants est susceptible d'opposer à la direction du vent, et par conséquent à la propagation du feu.

Les sommets et les versants exposés au Nord-Est sont plus arrosés et portent des peuplements serrés, très bien venant, tel le cas des versants Nord du Bidoup déjà signalés. Le climat constamment humide de ces stations constituent par ailleurs un élément très défavorable aux incendies.

On observe néanmoins des cas qui paraissent en contradiction avec ce que nous venons de dire. Certaines pentes de montagnes, faisant face à l'Est, présentent des forêts souvent plus dégradées que celles orientées à l'Ouest. C'est que l'action de la pluie est souvent contrecarrée par le vent. On ne doit pas oublier, en effet, que le feu joue un rôle de tout premier plan dans l'évolution de ces forêts. Bien souvent, leur histoire se résume en fin de compte en un compromis, transitoire ou plus ou moins durable, entre les deux forces en présence : le feu et la végétation.

On sait que la mousson du Nord souffle en saison sèche. Les zones de forêt exposées au Nord-Est sont donc sous l'emprise de la mousson du Nord qui souffle dans cette direction et favorise la progression du feu.

2. — FACTEURS ÉDAPHIQUES

a) *Nature du sol.*

A part dans le secteur de Blao quelques petits peuplements qui s'installent sur des sols profonds formés à partir de schistes plus ou moins argileux, la plupart des forêts de *Pinus khasya* du Langbian sont sur des granites ou des dacites permien.

Ces roches cristallines donnent en général des sols profonds, sableux, filtrants et acides. L'optimum de nutrition de ce pin semble être réalisé en ces sols à pH compris entre 4,5 et 5,5 (Cf. infra, Dynamique des sols, chapitre III). Sa principale caractéristique est la crainte du calcaire actif. A part cela, *Pinus khasya* est sans exigences marquées au point de vue propriétés chimiques du sol.

C'est précisément cette frugalité remarquable qui fait de lui un « occupateur de places vides » et lui permet de s'installer très facilement dans des conditions précaires à la suite des passages du feu (Cf. infra, Evolution de ces forêts, chapitre II).

Peu exigeant quant aux conditions chimiques, *Pinus khasya* l'est peut-être davantage aux conditions physiques. Il cherche de préférence les terres les plus profondes et exige des sols à la fois filtrants et frais, ce qui le localise sur des plateaux, des collines ou petites montagnes et explique son mélange assez peu fréquent avec les autres espèces. Et c'est ici que nous devons signaler une interaction assez significative entre le climat et le sol.

Comme toujours, une bonne nutrition en eau par le sol peut compenser dans une certaine mesure l'aridité du climat.

Ainsi, en forêt de Yankar où la température générale s'élève, on n'observe la présence de *Pinus khasya* que sur des sols profonds et argileux caractérisés par une forte capacité de rétention en eau.

Par contre, à Dalat où le climat est généralement humide et la sécheresse peu accentuée, *Pinus khasya*, tout en marquant sa préférence pour les sols profonds, s'accommode tout aussi bien des terrains rocheux et superficiels qui sont très fréquents sur les flancs de montagnes.

b) *Influence du relief.*

Dans tout le Plateau du Langbian, le terrain est généralement accidenté, les pentes souvent abruptes. La topographie a une importance considérable. Ses effets sont doubles :

Le relief conditionne l'abondance des précipitations, aussi bien des chutes de pluies que des condensations atmosphériques. Elles

apportent ainsi à *Pinus khasya* une source d'humidité dont il a tant besoin, surtout lorsqu'il s'installe sur des sols pratiquement absents, avec des réserves d'eau insignifiantes.

Une autre influence bénéfique du relief, c'est l'obstacle naturel qu'il offre contre la propagation du feu. Tandis que les vents s'engouffrent dans les gorges étroites, le long des versants, canalisant ainsi la marche du feu, les hauts sommets, au contraire, y font obstacle et jouent à peu près le rôle de lignes pare-feu naturelles. C'est ce qui explique les « paysages en dentelles » dont parle R. CHAMPSOLOIX [27].

c) *Le sol et le climat dans la distribution des aires respectives de nos deux pins.*

A côté des interférences entre le climat et le sol qui viennent d'être signalées, la nature même du sol semble jouer un rôle de tout premier ordre dans la répartition des aires respectives de *Pinus khasya* et *Pinus merkusii*.

En effet, nous avons remarqué ci-devant que les caractéristiques climatiques de Blao et de Djiring, d'une part, et celles de Dalat, d'autre part, ne sont pas tellement dissemblables. Et pourtant, *Pinus khasya* ne se cantonne que dans ce dernier plateau. Le climat ne serait donc pas le seul facteur à intervenir dans cette répartition.

D'ailleurs, s'il en est ainsi, comment expliquer la présence exclusive de *Pinus khasya* à Tourland-To ou à Brossdeur, et celle de *Pinus merkusii* à Djiring? Ces trois stations ne diffèrent entre elles ni par l'altitude ni par l'exposition. Brossdeur est du reste séparée de Djiring par une trop courte distance pour pouvoir parler d'une différence de climat [28].

La nature du sol serait-elle donc à l'origine de ces différentes localisations?

Les analyses de sol que nous avons effectuées accusent des différences très sensibles entre les sols des forêts de *Pinus khasya* de Dalat et ceux des forêts de *Pinus merkusii* de Djiring (Cf. infra, chapitre III).

Or, quoiqu'il ne nous ait pas été possible de prendre des échantillons de sols de Brossdeur et de Tourland-To, une première similitude nous apparaît a priori comme très significative entre les sols de Dalat et ceux de ces deux derniers points: c'est la roche-mère.

La roche-mère est partout du granite, que ce soit sous les forêts de *Pinus khasya* de Dalat, de Brossdeur ou de Tourland-To.

C'est d'ailleurs encore du granite que l'on retrouve, soit dans les massifs du Yankar, soit dans les massifs méridionaux du Langbian, là où les peuplements de *Pinus khasya* tranchent par leur masse sombre au milieu du vert clair des pins à deux feuilles. Il en est de même à Dak Glæe.

Il y a ainsi de fortes chances pour que *Pinus merkusii*, qui trouve à Blao et à Djiring les conditions favorables à son développement, y élimine *Pinus khasya*, inapte à la concurrence, mais que, par contre, même dans cette zone qui lui est favorable, il abandonne volontiers à ce dernier les massifs granitiques où les sols, trop fil-trants et trop acides, ne lui conviendraient pas.

3. — FACTEURS BIOTIQUES

L'influence des facteurs biotiques étant nettement prépondérante dans ces peuplements de *Pinus khasya*, nous leur consacrerons plutôt un chapitre spécial réservé à l'étude de l'évolution de ces forêts dans l'espace comme dans le temps, et qui fera l'objet du chapitre II ci-après.

B. — *Pinus merkusii*

1. — FACTEURS CLIMATIQUES

a) *Pluviosité, température, humidité atmosphérique.*

Pinus merkusii paraît doué d'une grande plasticité quant au climat.

Il semble n'avoir pas d'exigences spéciales en ce qui concerne la pluviosité. Ainsi, il s'accommode bien des conditions qui lui sont offertes à Lang Hanh, avec 1 650 mm de précipitations annuelles. Mais la forte pluviosité trouvée à Blao, où l'on recueille largement deux fois plus d'eau par an (3 500 mm), lui convient aussi parfaitement.

Dans son aire d'origine au Vietnam, *Pinus merkusii* n'est jamais soumis à des températures inférieures à 0° C. Cependant, pour évaluer la résistance éventuelle de cette espèce au froid, nous avons semé à la pépinière de l'Arboretum d'Amance (M.-et-M.) deux lots, l'un en provenance de Bogor (Java), l'autre en provenance de Blao. A la suite des conditions hivernales que nous avons décrites ci-dessus (Cf. chap. I, § A, 1. — a), il a été constaté qu'aucun de ces deux lots n'avait supporté les basses températures de l'hiver 1964-1965.

Quant à l'humidité de l'air, *Pinus merkusii* préfère visiblement un état hygrométrique élevé. Nous avons à ce sujet, et à propos de *Pinus khasya*, comparé d'une part les stations Pleiku, Kontum et, d'autre part, les stations Blao, Djiring. Les chiffres relevés pour ces deux dernières stations sont nettement plus forts. Kontum et Pleiku présentent respectivement 76,4 % et 81 % comme moyenne annuelle, alors qu'on note 82,8 % à Djiring et 86,5 % à Blao. Or, il se trouve que les conditions de développement de *Pinus merkusii* sont parfaitement normales à ces deux dernières stations, tandis qu'il n'a pas du tout réussi à s'implanter à Pleiku et à Kon-

tum où d'ailleurs la saison sèche est plus longue, la sécheresse plus marquée, l'évapotranspiration accentuée davantage par des vents violents, secs et froids durant une bonne partie de l'année.

Nous savons qu'en dehors de son bois, *Pinus merkusii* donne un rendement appréciable en gemme dont la production varie sensiblement avec les époques de l'année. Il semble qu'elle est la plus forte par temps chaud et ciel lumineux, et la plus faible par temps froid et couvert. Les faibles ondées, suivies d'un temps clair et ensoleillé, auraient pour effet d'activer l'écoulement de la résine [96].

b) *Altitude.*

On considère généralement *Pinus merkusii* comme le Pin des basses altitudes. Il est très abondant entre 700 et 1 000 mètres. En dehors de cette zone, on le rencontre plutôt dans de mauvaises conditions de végétation.

Les plus beaux peuplements de *Pinus merkusii* s'observent à Blao (850 m), à Djiring (972 m), et à Langhauh (850 m).

Mais sa présence a été signalée à Bonom Bon Trao, au Nord de Blao, et à la Nam Tun, au Nord de Kagne, où il dépasse exceptionnellement 1 200 mètres.

Dans le Darlac, il forme quelques peuplements disparates à 500 mètres, tandis que sur la route Kontum-Ankhê, et aussi au Nord de Kontum, des taches de *Pinus merkusii* sont observées entre les côtes 550 et 700.

c) *Lumière.*

Tout comme son voisin, *Pinus merkusii* a un tempérament d'essence de lumière, un peu moins prononcé cependant. Pendant ses premières années, le Pin « à deux feuilles » peut supporter un couvert même épais. Il file bien entre les jeunes Dau (*Dipterocarpus obtusifolius*), qui constituent un écran souvent épais et touffu : il aura vite fait de les dominer par sa croissance rapide dans le jeune âge.

C'est ce tempérament d'essence de lumière qui fait de lui une essence « colonisatrice » vraiment efficace.

L'intensité de la lumière reçue semble avoir des incidences sur le rendement en gemme. En effet, dans les peuplements mélangés de *Pinus merkusii* et *Dipterocarpus obtusifolius*, la présence de feuillus en sous-étage diminuant l'éclairement des fûts, le rendement en résine est abaissé [96].

d) *Exposition.*

L'influence de l'exposition est à peu près la même pour les peuplements de *Pinus merkusii* et de *Pinus khasya*,

La production de la résine ne semble pas sous la dépendance de l'orientation générale du peuplement, ni de celle des carres. L'influence de l'orientation Nord-Sud est pratiquement nulle dans ce pays tropical où, d'ailleurs, l'écliptique solaire passe au Nord au solstice d'été [96].

2. — FACTEURS ÉDAPHIQUES

Malgré son fort pivot vertical qui exige une certaine profondeur de sol, *Pinus merkusii* peut souvent, grâce à ses nombreuses et puissantes racines latérales, se contenter de terrains superficiels. L'arbre peut pousser sur des sols en pente, voire des terres rocailleuses ou rocheuses.

Les sols hydromorphes des dépressions marécageuses ne lui conviennent pas. On voit, il est vrai, des semis ou des jeunes sujets de *Pinus merkusii* s'installer quelquefois à la périphérie des marais, d'autres fois sur les mottes élevées des sols de bas-fond à gley. Cependant, ils ne survivent pas longtemps à ces conditions de saturation permanente du sol par des eaux stagnantes. Tôt ou tard, ils viendront à disparaître.

Les besoins en eau de *Pinus merkusii* sont peu importants. Cette essence offre sans doute plus de plasticité que *Pinus khasya* en ce qui concerne la perméabilité du sol.

Sans exigences nettement marquées au point de vue propriétés physiques du sol, *Pinus merkusii* semble présenter moins de tolérance quant aux propriétés chimiques. Si on le rencontre sur basalte, ou à la rigueur sur grès et sur schiste, on ne l'a presque jamais encore rencontré sur granite, tout au moins au Vietnam. D'ordinaire, ce sont plutôt sur les terres rouges basaltiques les plus riches qu'il présente ses meilleurs spécimens.

Dans la forêt de Langhanh, le sol se compose de terres rouges basaltiques, de terres dacitiques et de terres provenant de la décomposition de grès schisteux. Or, les peuplements de *Pinus merkusii* offrent des aspects différents selon la nature du substratum géologique. Ce n'est que sur les terres rouges basaltiques qu'on trouve des sujets bien venant, au fût élancé et donnant le plus fort cubage.

L'accroissement diamétral de l'arbre est également plus fort sur sol basaltique que sur les autres sols. Nous avons effectué des mensurations le largeur de cernes de 4 lots de *Pinus merkusii* croissant, les deux premiers sur roche-mère basaltique, le troisième sur roche-mère gréseuse et le quatrième sur roche-mère schisteuse. Chaque lot comporte une série de 12 arbres choisis parmi les plus représentatifs de l'ensemble du peuplement. A part la roche-mère, les autres conditions de stations sont à peu près les mêmes pour les 4 placettes d'échantillonnage. Les résultats ont montré que *Pinus merkusii* s'accommoderait le mieux des roches-mères basal-

tiques, comme il ressort de l'examen du tableau n° 10, qui donne les accroissements moyens annuels en diamètre, de dix ans en dix ans, pour des peuplements croissant sur diverses roches-mères.

TABLEAU n° 10

Age moyen	Placette N° 1 sur basalte	Placette N° 2 sur basalte	Placette N° 3 sur grès	Placette N° 4 sur schiste
5 - 15 ans	7,02 mm	7,18 mm	6,06 mm	3,90 mm
15 - 25	6,30	6,40	4,58	4,12
25 - 35	5,25	5,32	3,90	3,70
35 - 45	4,04	4,12	2,84	3,40
45 - 55	3,80	3,88	2,20	2,92
55 - 65	3,46	3,02	2,02	3,36
65 - 75	2,96	2,60	2,02	2,80
75 - 85	2,40	2,20	2,00	2,28
85 - 95	2,38	2,34	1,96	2,46
95 - 105	2,34	2,20	1,96	2,32
105 - 115	2,16	2,12	1,80	2,20

Accroissement moyen annuel en diamètre de *Pinus merkusii*
en relation avec le substratum géologique

3. — FACTEURS BIOTIQUES

Ce sont surtout les facteurs anthropiques qui sont de beaucoup les plus importants parmi les facteurs biotiques. Sans l'homme, ses rays et ses défrichements, ces forêts de *Pinus merkusii* se présenteraient à nous sous un aspect fort différent. C'est pourquoi, nous les étudierons en même temps que l'étude de l'évolution et de l'origine de ces peuplements (Cf. chapitre II).

CHAPITRE II

EVOLUTION DES FORETS DE PINUS KHASYA ET PINUS MERKUSII

Dès 1926, dans les « caractères généraux de la forêt indochinoise », H. GUIBIER [(85), 268] a déjà écrit sur les forêts de pins du Centre-Vietnam :

« Une très grande richesse forestière est constituée par les forêts de Pins, pins à deux et à trois feuilles qui couvrent plusieurs centaines de milliers d'hectares, à l'état pur ou en mélange avec des Diptérocarpacées et des Cupulifères non seulement sur les montagnes du Langbian entre 800 et 1 500 mètres d'altitude, mais à des altitudes inférieures et beaucoup plus près de la côte. »

Tant s'en faut néanmoins que ces peuplements de résineux aient de tout temps existé en cet état et que ce soit là la végétation climax de cette région montagnarde.

Ces pays étaient incontestablement couverts à l'origine de forêt dense du type pseudoéquatorial, comme le climat l'indique. Les « Montagnards » ont fait des rays et les pins sont venus derrière eux.

Pour s'en convaincre, il suffit de regarder des lambeaux de la forêt primitive accrochés en bandes étroites, plus ou moins discontinues dans les zones les moins inaccessibles ou qu'une situation privilégiée a soustraite à l'action dévastatrice de l'homme.

Une telle forêt-relique de la sylvie primitive s'observe encore par exemple sur un plateau horizontal, près du col de Prenn, à 900 mètres d'altitude environ. SCHNELL [125] l'a décrite avec force détails relatifs à son aspect général, ses caractères, ses strates supérieures, son sous-bois, sa flore herbacée et arbustive.

Mais si la forêt de conifères est née du défrichement et de l'éco-buage, elle risque également de disparaître sous l'influence des mêmes éléments qui l'ont créée pour aboutir enfin, après dégradation extrême du sol, à la prairie.

C'est ce qui s'observe sur un grand nombre de collines dénudées autour de Dalat, en particulier sur une bande de plus de dix kilomètres au Nord de la ville, où le paysage est formé d'une série de vallonnements couverts seulement d'un tapis herbacé, et aussi le long de cette zone parfaitement nue entre Dalat et Dankia, et qui se retrouve au Sud de Dankia.

La forêt pourrait encore se reconstituer sur ces mamelons si le feu ne les parcourait pas chaque année. Mais si l'on ne fait rien pour l'en empêcher, ces terres seront vouées à la stérilité; les derniers semenciers qui subsistent çà et là finiraient par disparaître et l'on assisterait alors au recul complet de la forêt.

Ainsi donc, né par le feu, le Pin disparaît par ce même élément. Quelles sont donc les phases de cette double évolution?

A. — Différents types de peuplements dans les montagnes du Centre-Vietnam

Peut-être serait-il utile, pour suivre cette double évolution des forêts de Thong sous l'action du feu, de commencer par distinguer les différents types de formations végétales dans ces régions montagnardes.

On y trouve en effet :

- des forêts denses primaires,
- des forêts secondaires,
- des forêts de *Pinus khasya* ou Thông ba la,
- des forêts claires,
- des forêts de *Pinus merkusii* ou Thông hai la.

Cette distinction schématique ne reflète qu'imparfaitement la réalité très complexe, d'autant qu'il s'agit ici des forêts tropicales dont le propre est d'être très diverses et très hétérogènes, quoique le climat et l'altitude de ces montagnes y aient déjà apporté leurs tendances d'uniformisation et de simplification.

Cela est néanmoins commode pour la compréhension des processus d'évolution de ces peuplements de résineux du Centre-Vietnam.

1. — FORÊTS PRIMAIRES

a) Aspect général.

Ce sont des formations originelles qui n'ont encore subi aucune dégradation du fait de l'homme.

On y remarque une végétation extrêmement dense et touffue. Les arbres sont de grandes dimensions, avec des contreforts importants, des graines lourdes, des feuilles généralement caduques. Leurs cimes souvent se touchent, formant ainsi une voûte épaisse et continue, et qui ne s'entr'ouvre parfois que par la chute des

vieux sujets atteints de vétusté. Elle se referme néanmoins en très peu de temps, car les arbres de l'étage dominé, depuis longtemps avides de soleil, auront vite fait de garnir ces trouées ainsi ouvertes.

La continuité du massif, influant sur la quantité de lumière et de chaleur qui parviennent au sol, agit de façon très marquée sur l'état du sous-bois, qui reste très peu fourni alors que les strates frutescentes et herbacées sont très développées dans les formations secondaires. Ce couvert permanent assure d'ailleurs au sol une protection très efficace. Il maintient sa fertilité, le couvre d'un humus épais, spongieux, chimiquement riche et biologiquement actif.

Malheureusement, ces forêts denses primaires ont presque partout disparu. Elles sont devenues excessivement rares dans les montagnes du Centre-Vietnam comme dans tout le reste du pays. On ne les rencontre plus que sur les lignes de crêtes ou les plus hauts sommets où elles tentent désespérément de s'accrocher. Dans les vallées, elles ne subsistent que dans les fonds de ravins inhospitaliers, rocheux et escarpés. Partout ailleurs, sur les pentes douces des versants particulièrement, elles ont disparu à la suite des passages répétés du feu.

b) *Composition floristique.*

Parmi les espèces signalées spécialement dans ces forêts primaires, on peut citer par exemple :

— Dans les *strates supérieures*, des Magnoliacées (*Talauma gioi* ou giôi), des Anacardiacées (*Melanorrhca lacifera* ou son), des Méliacées (*Aglaia gigantea* ou gôi), des Lauracées (*Litsea vang* ou boi loi), des Rubiacées (*Adina cordifolia* ou gao), des Datisacées (*Tetrametes nudiflora* ou tung), des Lythracées (*Lagarstræmia* sp. ou bang lang). Ces dernières se groupent surtout aux endroits les plus ensoleillés, dans les trouées ou les lisières des bois.

Certaines espèces sont très abondantes et donnent des arbres de très grandes dimensions, mais n'ont guère de valeur commerciale, comme les Datisacées. Par contre, d'autres sont très recherchées pour leur valeur, mais elles sont rares et forment seulement des taches disparates, par ex., *Hopea dealbata* ou sao den, *Hopea odorata* ou sao xanh (Diptérocarpacées) et *Pahudia cochinchinensis* ou go do (Cesalpiniciacées).

— Dans le *sous-bois* se rencontrent des Tiliacées (*Grewia* sp.), des Rubiacées (*Lasianthus dinhensis*, *Psychotria* sp., *Ixora* sp.) ainsi que des Myrtacées et Anonacées.

— Le *tapis herbacé* est particulièrement lâche, presque inexistant, ce qui est normal sous ces formations dont la voûte arborescente est continue. Le sol est souvent couvert de mousses, et la base des troncs d'arbres, d'épiphytes inférieurs.

2. — FORÊTS SECONDAIRES

Il est certain que les caractéristiques de la forêt primaire ci-dessus évoquée sont très variables suivant l'altitude, la pluviosité ou la nature du sol.

Il semble même se produire à l'intérieur du massif une évolution constante, tout à fait comparable au phénomène de l'alternance des essences signalé par exemple dans le Jura, en France [121].

Sur une parcelle de forêt, à un moment donné, une essence est prédominante. Mais sa présence change les conditions d'éclairement et d'humidité du sol. Elle modifie l'équilibre biologique de la station. Il semble que les feuilles tombées provoquent l'apparition d'une flore microbienne spéciale. Certaines substances toxiques sécrétées seraient capables d'exercer une action inhibitrice sur la germination des graines. Ainsi s'opère peu à peu une modification progressive du milieu dans un sens défavorable à sa régénération. Alors, s'installera à sa place une autre essence qui devient dominante, mais qui longtemps plus tard sera à son tour remplacée par une troisième, et ainsi de suite.

L'ensemble de la forêt apparaîtrait ainsi comme un gigantesque échiquier dont les cases seraient occupées par différentes essences, parmi lesquelles dominerait à chaque instant une essence ou un groupe d'essences déterminées.

Malgré ces phénomènes locaux d'alternance, la nature tend néanmoins à reconstituer toujours sur chaque point un groupement végétal propre à la station.

Si toutefois une forêt dense primaire s'est tellement transformée au point de perdre ses caractéristiques et de devenir une formation secondaire, c'est qu'il y a à l'origine le fait de l'homme. Les caractères d'une formation dégradée sont avant tout la résultante de l'action humaine. Ainsi donc, bien plus que les facteurs du milieu, ce seront les facteurs anthropiques qui permettront d'expliquer la répartition actuelle des divers peuplements dans les massifs montagneux qui nous occupent.

Il y a pas plus d'une dizaine d'années, R. CHAMPSOLOIX [28] signalait dans le Darlac la présence de quelques milliers d'hectares de forêts denses primaires, avec ses nombreuses strates plus ou moins distinctes, ses arbres à contreforts, à graines lourdes, son sous-bois peu fourni. Mais voilà qu'avec l'implantation dans les années 1960 des villages de « réfugiés du Nord » dans cette région, ces massifs de forêts denses ne représentent plus maintenant que des lambeaux plus ou moins discontinus, émergeant au milieu des formations secondaires environnantes.

On voit comme les forêts primaires peuvent vite disparaître. Dans cette lutte que se livrent depuis des millénaires la culture et la forêt, c'est toujours la culture qui a remporté la victoire. La forêt recule sans cesse. Elle recule d'autant plus vite que cette lutte

a été mal comprise et mal menée. Elle en sort d'autant plus ravagée que la déforestation a été inspirée ou provoquée par des motifs plus ou moins étrangers à la mise en culture. Il y a d'abord le ray, avec toutes ses conséquences. Il y a ensuite les exploitations abusives, entreprises sans ordre ni méthode, de sorte que la forêt est laissée simplement à la merci du bûcheron.

Mais en dehors de ces facteurs permanents, d'autres facteurs, pour être transitoires, ne sont pas moins néfastes : nous voulons parler des périodes de guerre et de troubles intérieurs qui se sont succédé au Vietnam depuis une vingtaine d'années et qui n'ont pas peu contribué à la destruction de nos forêts denses.

Ainsi rays, défrichements, incendies, exploitations abusives et déboisements de toutes natures provoquent une modification de la végétation. Une formation secondaire va s'installer à la place de la forêt climacique. Cette formation secondaire est différente selon la nature du substratum géologique, la composition floristique de la forêt originelle, ainsi que les conditions climatiques qui ont présidé à son installation. Elle peut être soit une formation fermée, mais différente de la première, soit une formation ouverte.

a) *Aspect général.*

Ces formations se présentent presque toujours avec un seul étage. Les essences rejettent de souche, sont à graines légères et à feuilles généralement persistantes.

Sur terres rouges basaltiques, les formations fermées secondaires se présentent sous forme de peuplements parfois très étendus, servant de toile de fond à des bouquets fugitifs de forêt dense primaire. Elles s'observent au contraire plus rarement sur les terrains granitiques ou schisteux où l'on ne rencontre que des taillis assez bas.

Les formations ouvertes secondaires ressemblent plutôt à des savanes, formations de plus en plus stables, de moins en moins aptes à retourner à la forêt primaire.

Sur les terrains schisteux, le passage du ray ne conduit généralement pas à la savane, mais à la bambuseraie. Elle occupe ainsi d'énormes surfaces sur les contreforts Ouest du Massif du Lang-bian.

b) *Composition floristique.*

Les essences représentées sont le plus souvent différentes de celles des formations primitives. On y trouve des Fagacées (*Quercus lanata*, *Quercus langbianensis*), des Podocarpacees (*Podocarpus imbricatus*), des Sapindacées (*Pometia pinnata*), des Guttifères (*Calophyllum sp.*). Ces dernières sont vraiment caractéristiques des formations fermées secondaires et occupent souvent de grandes surfaces.

Au point de vue économique, le moins qu'on puisse dire, c'est que ces forêts secondaires ne présentent pas une valeur uniforme. Si les bambuseraies pures et les savanes arbustives ne donnent aucun bois d'œuvre, certaines forêts secondaires, par contre, sont assez productives. Elles méritent parfois d'être développées, surtout lorsqu'il s'agit de forêts de Pins, qui sont si rares en zone tropicale.

Sur le Plateau du Langbian, les formations ouvertes nées du ray, sont, en effet, des forêts de *Pinus khasya*.

B. — Différents stades évolutifs des peuplements de *Pinus khasya*

La forêt de *Pinus khasya* est bien une formation secondaire comme les autres formations secondaires. Mais par ses caractéristiques biologiques, botaniques et sylvicoles tranchant nettement au milieu des forêts feuillues des régions tropicales, elle se signale tout particulièrement à l'attention du forestier.

Mais si ces peuplements sont des formations secondaires, quelles seraient alors leurs stations originelles? Nous sommes ainsi amenés à nous poser le problème de l'origine des peuplements de *P. khasya* du Langbian, ainsi que celui de leur évolution dans l'espace et dans le temps.

1. — ORIGINE DES PEUPELEMENTS DE *PINUS KHASYA* DU LANGBIAN

« Il serait difficile, dit SCHNELL [125] d'imaginer que leur venue se soit faite de très loin. La probabilité d'un transport anémochore lointain de leurs graines « type planeur lourd » n'est guère à envisager. Sans doute, la colonisation des pinèdes actuelles s'est-elle faite à partir de refuges édaphiques — sommets très rocheux par exemple où la forêt dense n'avait pu s'installer mais où les pins ont pu prospérer et se maintenir pendant une longue durée, peut-être depuis une époque de climat différent où ils avaient possédé une aire plus vaste — continue ou subcontinue — dans le Sud-Est Asiatique. L'action de l'homme, s'exerçant par les défrichements et les feux, depuis une époque certainement ancienne, a sans aucun doute joué un rôle majeur dans l'établissement de l'aire actuelle des Pins. »

On a donc de fortes raisons de penser que *P. khasya* existait dans la forêt dense climacique. C'est ce qui d'ailleurs semble être confirmé par nos observations. *P. khasya* se rencontre encore souvent au Langbian et dans le voisinage, au milieu de la forêt dense primaire. Ce sont de très gros sujets de « pins à trois feuilles ». Ils forment parfois des petits groupes de trois, quatre ou cinq, pas davantage. Plus souvent, ils se présentent par pieds isolés, noyés

presque au milieu de la masse dense d'essences feuillues. Leurs troncs puissants dépassent facilement trois ou quatre mètres de circonférence. Le houppier est léger et forme la table. Les branches maîtresse s'étalent presque horizontalement.

Ce sont des stations au sol rocheux et superficiel. L'humus est acide. Les aiguilles tombées se décomposent lentement. Le microclimat qui règne près de ces arbres est particulièrement aride. On y remarque l'absence quasi-totale des épiphytes, pourtant très nombreux dans la forêt dense voisine. De même, le sous-bois environnant est très clairsemé.

C'est certainement en rayonnant à partir de telles microstations que *P. khasya* a occupé les terrains dénudés aux alentours.

En schématisant beaucoup, on pourrait reconstituer de la façon suivante l'évolution de *Pinus khasya* dans l'espace et dans le temps.

2. — EVOLUTION DANS L'ESPACE

Comme on le sait, après chaque passage de l'incendie, le sol s'appauvrit très vite. Force est bien au Montagnard de chercher un nouvel emplacement pour ses cultures. Mais celui-ci s'appauvrit à son tour, et ainsi, tous les ans ou tous les deux ans, le Montagnard va dévaster de nouvelles surfaces de forêts primaires.

L'étude des différents massifs de formations ouvertes secondaires autour du massif du Langbian, permettra de suivre aisément le lent cheminement du ray à la conquête de nouvelles terres de cultures en même temps que l'invasion progressive de *Pinus khasya* dans les forêts feuillues.

A mesure qu'on s'éloigne de Dalat, on refait pour ainsi dire en sens inverse le chemin qu'a emprunté *Pinus khasya* dans son évolution :

1° Autour de Dalat, s'étend une zone parfaitement dénudée, avec des mamelons recouverts seulement d'un tapis d'herbes courtes au milieu desquelles souvent les roches affleurent. Toute végétation ligneuse a disparu. Toute culture, même le ray, y est impossible.

2° Au Nord de cette zone, ce sont des pinèdes en peuplements presque purs, relativement homogènes. Les essences feuillues, recherchées par le ray, sont complètement absentes. Mais le feu — allumé pour d'autres raisons — les parcourt annuellement ou presque, à des intervalles plus ou moins rapprochés ou plus ou moins espacés. Le feu brûle tous les semis, de même que la couverture herbacée au niveau du sol.

Le peuplement, déjà clair naturellement, a encore été largement ouvert par les exploitations.

3° Plus au Nord, et surtout au Nord-Est, dans la région du Bidoup, nous trouverons une forêt plus fournie.

Quelques lambeaux de forêt dense s'accrochent encore aux pentes et limitent les surfaces incendiées. Les ravages du ray sont déjà moins fréquents. C'est si l'on veut une zone de compromis entre *Pinus khasya* et essences feuillues, mais où l'avantage revient virtuellement déjà au premier.

4° Enfin, tout au Nord, sur les pentes méridionales du Chu Yang Sinh, on voit la pinède s'installer timidement dans les trouées ou en bordure des forêts feuillues. Elle est coupée de part en part par des parcelles importantes de forêts denses climaciques ou secondaires. Mais celles-ci alternent, non plus avec des gros arbres, mais avec des jeunes sujets. Ils sont à l'état de gaulis, de perchis, drus et serrés, car les rays y sont récents. Les villages montagnards y sont groupés.

Ces quatre zones, avec leurs divers types de peuplements, retracent ainsi dans l'espace les diverses phases du processus évolutif de *Pinus khasya*.

3. — EVOLUTION DANS LE TEMPS

A partir de cas concrets, on peut d'ailleurs suivre chronologiquement pour ainsi dire la colonisation de *Pinus khasya* qui se fait à partir d'espaces ouverts par le feu.

1^{er} cas: Invasion d'un peuplement de feuillus éclaircis

L'exemple est relevé dans une intéressante forêt claire, formée d'arbres de 10 à 15 mètres de haut, recouvrant un tapis de graminées continu et qui se trouve dans la région septentrionale de la forêt de Manline.

Dans cette forêt à voûte claire, on remarque un très grand nombre de semis de *Pinus khasya*, de trois à quatre ans, sans aucun grand sujet de cette espèce, ce qui permet de conclure que cette forêt éclaircie est en cours de colonisation par le Pin.

Par ailleurs, il nous est souvent donné de remarquer un certain nombre de *Pinus khasya* qui s'installe par taches ou par pieds isolés, sur la lisière des forêts feuillues mais qui font totalement défaut à l'intérieur. Là encore, leur présence sur la lisière est manifestement en relation avec le milieu plus ouvert de la forêt. C'est ce qu'a décrit SCHNELL [125]: « Lorsque la forêt feuillue est éclaircie, on peut y constater, en même temps que le développement d'un tapis graminéen héliophile, l'apparition de semis de Pins. Incapables de vivre dans la forêt dense intacte, les Pins envahissent cette forêt dès qu'elle est plus ou moins ouverte par la dégradation. »

Ainsi, nous pourrions reconstituer de la manière suivante les différents stades de développement d'un peuplement pur de *Pinus khasya*:

1^{re} *stade*: Dégénération de la forêt feuillue dense primaire, du fait de l'homme.

Modification du microclimat et du sol.

2^e *stade*: Constitution de formations ouvertes secondaires, avec essences feuillues et *Pinus khasya* en mélange.

Installation d'un tapis de composées et de graminées.

3^e *stade*: Intensification de cette évolution en faveur de *P. khasya*. Acidification du sol et élimination complète des feuillues.

Un dernier stade s'ajoute souvent aux premiers et qui pourrait être considéré comme le stade ultime de la dégradation. A la suite des passages répétés du feu, *Pinus khasya* lui-même sera éliminé et ce sera alors l'installation d'un tapis d'herbes courtes, le plus souvent de graminées, sur des mamelons parfaitement dénudés et stériles.

2^e cas: Invasion d'un sol dénudé

Remarquons cependant que tous les mamelons dénudés ne proviennent pas forcément d'anciennes pinèdes ravagées par les incendies. Le plus souvent, ils sont issus de défrichements inconsidérés de forêts secondaires feuillues, accentuant à l'extrême les phénomènes d'érosion et de lessivage, rendant le sol complètement impropre à toute culture et à toute végétation autre que les herbes courtes. Dans ces cas-là, *Pinus khasya* apparaît, au contraire, comme un des éléments de reconstitution de la végétation. Sa plasticité vis-à-vis du climat et sa frugalité vis-à-vis du sol lui permettent de tirer le maximum des places vides laissées par le ray et les incendies.

Les conditions de sa fructification et de sa régénération renforcent davantage ces possibilités. *P. khasya* fructifie, en effet, régulièrement et en abondance chaque année. Ses graines ailées s'échappent des cônes alors que ceux-ci sont encore sur l'arbre: grâce au vent, les graines peuvent donc essaimer loin du pied-mère. La dissémination des graines se fait, de plus, au début de la saison sèche. A ce moment, les herbes ne sont pas encore couchées sur le sol. De cette façon, les semences glissent facilement entre les tiges d'herbes et atteignent aisément la terre végétale: conditions très favorables au succès de la germination.

En fait, les semis de *P. khasya* forment chaque année de véritables tapis extrêmement serrés dans les trouées ou en bordure des peuplements. En particulier, sur les mamelons se trouvant à courte distance des semenciers, des brosses de semis de *P. khasya* sont fréquemment observées.

Si l'incendie ne vient pas les détruire, elles donneront bientôt des gaulis, puis des perchis, et une pinède de belle venue ne tardera pas à remettre en valeur ces terrains dégradés.

On peut donc retenir ici deux phases dans cette colonisation de mamelons dénudés :

- 1° installation des semis au milieu des herbes courtes, grâce à la dissémination des graines transportées par le vent ;
- 2° développement de la pinède en peuplement pur, si les incendies ne viennent pas l'empêcher de suivre son évolution naturelle.

C. — Forêts claires et forêts de *Pinus merkusii*

1. — LEUR STRUCTURE

La forêt claire se caractérise par la présence de végétaux ligneux formant trois strates distinctes :

— une strate arborescente, constituée d'arbres de taille généralement moins élevée que dans les forêts denses, avec une voûte peu épaisse souvent discontinue, donnant un couvert léger qui permet au soleil d'atteindre facilement le sol,

— une strate arbustive dont la structure est très variable d'un endroit à un autre : ici, ce sont des arbustes voisinant l'un à côté de l'autre, occupant presque tout le terrain, conférant ainsi à la forêt claire une consistance peu habituelle, ailleurs, ce sont des sujets mal venant, rabougris, qu'on ne trouve que de loin en loin sur le terrain,

— enfin une strate herbacée dont il est naturel qu'il évolue en sens inverse du sous-bois : dense et continu, lorsque celui-ci est très ouvert, lâche et très peu fourni dans le cas contraire.

Il convient de remarquer que le concept de « forêt claire » tel qu'il a été consacré par l'usage en Asie du Sud-Est, dépasse un peu les définitions établies en 1956 pour la végétation africaine par le Colloque de Yangambi. Ce concept repose non seulement sur un critère physionomique, mais aussi sur la composition de la flore qui comporte tout un ensemble d'espèces spéciales à la forêt claire et parfaitement introuvables en forêt dense.

2. — LEUR FLORE

Strate supérieure. — Ce sont les Diptérocarpacées qui forment la grande majorité et qui dominent dans l'étage arborescent avec *Dipterocarpus tuberculatus* (dâu son), *D. intricatus* (dâu long), *D. obtusifolius* (dâu trà beng), *Pentacme siamensis* (cà chac den). Puis viennent les Combrétacées avec *Terminalia tomentosa* (cam liên) et *Terminalia sp.* (chiu liu) dans les régions plus arides. Dans les

zones de transition avec la forêt dense, on note la présence presque régulière de *Dipterocarpus alatus* (dâu con rai) et de *Lagærstræmia* sp. (bang lang).

Strate arbustive. — *Pasania dealbata* (Fagacées) en forme partout l'élément de base. Viennent ensuite les Rhamnacées, Juglandacées et Myrtacées.

Strate herbacée. — Les Graminées et les Cypéracées sont les plus fréquentes.

*
**

Ainsi que nous l'avons déjà vu à la II^e Partie (Cf. tableau n° 8), les forêts de *Pinus merkusii* présentent sensiblement les mêmes caractéristiques que celles que nous venons de décrire pour les forêts claires, tant au point de vue de leur structure que de leur composition floristique. Seule la présence du « Pin à deux feuilles », que l'on trouve lié de façon constante à *Dipterocarpus obtusifolius* dans l'étage dominant, amène la distinction et confère à ces types de forêts claires un faciès tout particulier.

Le problème de l'origine et de l'évolution des peuplements de *Pinus merkusii* sur le Haut-Donnaï se trouve par conséquent posé de la même façon que celui de la forêt claire.

Mais c'est une question sur laquelle les opinions des auteurs ne sont pas tout à fait unanimes.

3. — ORIGINE ET ÉVOLUTION DES FORÊTS CLAIRES ET DES FORÊTS DE PINUS MERKUSII

C'est un fait reconnu que ces forêts se localisent généralement sur des sols squelettiques, superficiels, mal drainés et souvent latérisés. D'autre part, elles sont caractéristiques de la grande zone climatique du Sud de la Péninsule (MAURAND) [97], marquée par une saison sèche de 5 à 6 mois, avec des chutes de pluies assez importantes. Dans le Nord, plus humide ou plus pluvieux, ces formations sont absentes.

Ainsi, on pourrait penser avec P. MAURAND [97], de même qu'avec SCHMID, de la SOUCHÈRE et GODARD, que ce sont là des formations naturelles, d'origine édaphique [124].

Pourtant, ROLLET [115] note que « souvent la forêt claire voisine avec la forêt dense sans qu'il y ait différence de sols et évidemment, sans variations de climat, en raison de la proximité des deux stations ». Il en conclut que ces formations sont le résultat conjugué de plusieurs causes agissant ensemble: rays, incendies, exploitations abusives... et il montre à l'appui de sa thèse des exemples de « densification » des forêts claires soustraites à l'action

périodique du feu. Leur origine anthropique semble dans ce cas ne pas faire de doute.

Il nous semble que la *structure* de ces forêts claires est visiblement en corrélation étroite avec l'action du feu.

Seulement, si les incendies sont responsables de la physionomie plus ou moins ouverte des forêts claires et des forêts mixtes à *Pinus merkusii*, ils ne peuvent pas expliquer l'origine de leur *flore*, qui est bien différente de celle de la forêt dense, et qui ne saurait dériver de cette dernière. Incontestablement, cette flore spécifique aux forêts claires devait déjà exister quelque part. Elle devait pré-exister aux incendies. On est donc amené à admettre que les espèces de forêt claire ont pu exister à l'état naturel en certaines stations, dont la nature du sol ou du microclimat ne sont pas favorables à l'installation de la forêt dense.

Leur aire primitive serait sans doute beaucoup moins restreinte que leur aire naturelle, sous un climat ancien plus sec, peut-être au Tertiaire?

Mais survint une phase humide récente, qui aurait permis le développement de la forêt dense. Celle-ci accapare partout le terrain, sauf les stations trop rocheuses, trop rocailleuses, à sol squelettique, qu'elle abandonne volontiers à la forêt claire.

Ces formations primitives continuent sans doute d'exister à côté des formations actuelles, mais il serait vraiment bien difficile de distinguer les formations originelles des formations remaniées qui les entourent.

CHAPITRE III

DYNAMIQUE DES SOLS EN LIAISON AVEC CELLE DE LA VÉGÉTATION

On sait que des corrélations étroites existent entre le sol et la végétation.

A un type de sol donné est liée en général une forme de végétation de caractères assez bien déterminés, sans qu'on puisse préciser, dans chaque cas, de la plante ou du sol, lequel joue le rôle primordial.

Car si la végétation est l'un des facteurs essentiels de l'évolution du sol, le type de sol peut lui-même être un facteur écologique au même titre que le climat. Si la végétation intervient de façon directe dans la pédogénèse par la matière organique qu'elle apporte, par le type d'humus qu'elle façonne et le microclimat qu'elle favorise, et de façon indirecte, par les mouvements de l'eau et des bases qu'elle provoque à l'intérieur du sol, inversement, personne ne pense à contester l'influence prépondérante du sol sur la végétation, dans la nutrition minérale comme dans la répartition générale des plantes.

Toujours est-il certain que des modifications de végétation ou de peuplement observées d'une station à l'autre, témoignent la plupart du temps, des variations dans les propriétés du sol, hormis le cas de l'intervention humaine.

Or, nous avons signalé dans le chapitre précédent que les peuplements de *Pinus khasya* et *Pinus merkusii* qui nous intéressent, ont subi une longue évolution avant d'atteindre leur forme actuelle. Il convient donc d'étudier comment se traduit la dynamique des sols en liaison avec l'évolution de ces peuplements.

Nous examinerons dans un premier paragraphe l'aspect que présentent ces ensembles sol-végétation sous les forêts de *Pinus kha-*

nya, puis dans un autre paragraphe, l'aspect de ces ensembles évolutifs sous forêts de *Pinus merkusii*.

A. — Ensembles évolutifs sol-végétation sous forêts de *Pinus khasya*

Nous avons essayé de reconstituer dans le chapitre qui précède les différents stades par lesquels sont passées ces forêts de *Pinus khasya*, depuis son installation en bordure ou dans les trouées des forêts feuillues denses primaires jusqu'au stade ultime de la dégradation, sous forme de pieds isolés disséminés au milieu d'une végétation suffrutescente ou herbacée.

Cette évolution est sous la dépendance de facteurs très complexes.

De même, le nombre des facteurs qui président à la formation d'un sol est difficile à préciser. Le passage de la roche au sol se fera naturellement sous l'influence exclusive du climat. Mais dès son installation, la végétation va influencer nécessairement le type pédologique du sol en formation. Et non seulement la végétation, mais la hauteur et la fréquence des pluies, l'altitude, l'exposition, la topographie, etc...

Afin de pouvoir observer de près la corrélation primordiale entre le sol et la végétation, nos placettes d'échantillonnage ont été choisies de façon à chercher à éliminer autant que possible l'influence perturbatrice des autres facteurs.

Ainsi, les placettes où ont été pratiquées nos prélèvements de sols présentent toutes les mêmes caractéristiques au point de vue climat, altitude et roche-mère.

Elles ont été circonscrites dans une zone relativement restreinte pour ne pas comporter de variations notables au point de vue climat, qui est celui de la région de Dalat, déjà étudié dans la II^e Partie.

L'altitude est partout de 1 500 mètres, c'est-à-dire l'altitude moyenne des peuplements de *Pinus khasya* sur ces Hauts Plateaux.

Quant à la roche-mère, c'est la roche-mère de la quasi-totalité des sols où pousse de préférence *Pinus khasya*, autrement dit le granite.

Nous avons ainsi tenté de ne faire varier dans chaque cas que le facteur végétation uniquement, afin de permettre des études comparatives entre ces diverses stations.

Nous faisons figurer dans ce qui suit la liste des différentes placettes ayant donné lieu à des prélèvements de sols pour les études analytiques, accompagnée de la description détaillée des profils que nous avons jugés les plus typiques.

1. — LISTE DES DIVERSES STATIONS
AYANT DONNÉ LIEU A DES PRÉLÈVEMENTS DE SOLS
EN VUE DES ÉTUDES ANALYTIQUES

(Cf. Comptes rendus des Analyses de Sols, en Annexe)

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1° Station de MANLINE
Sol n° 1 | : Vestiges de forêt feuillue dense primaire. |
| 2° Station de PAMPEI
Sol n° 2 | : Vestige de forêt feuillue dense primaire avec installation de <i>Pinus khasya</i> en bordure. |
| 3° Station de MANLINE
Sol n° 3 | : Forêts de <i>Pinus khasya</i> préservées du feu — ou parcourues par le feu à des intervalles plus ou moins espacés. |
| 4 Station de PRENN
Sol n° 4 | : — id — |
| 5° Station de HAMDA
Sol n° 5 | : — id — |
| 6° Station de SUOIVANG
Sol n° 6 | : Forêt de <i>Pinus khasya</i> régulièrement parcourue par les incendies. |
| 7° Station de CAMLY
Sol n° 7 | : — id — |
| 8° Station ANKROET-1
Sol n° 8 | : Mamelon dénudé avec un tapis de graminées de part en part. |
| 9° Station ANKROET-2
Sol n° 9 | : — id — |
| 10° Station ANKROET-3
Sol n° 10 | : — id — |
| 11° Station ANKROET-4
Sol n° 11 | : — id — |
| 12° Station de NUYTU
Sol n° 12 | : — id — |
| 13° Station de DAHOI
Sol n° 13 | : — id — |

2. — DESCRIPTION DES PROFILS DE SOLS

Nous donnons ci-après les tableaux descriptifs des sols n°s 1, 3, 6 et 9, chacun étant considéré comme le plus représentatif d'un stade évolutif de la forêt de *Pinus khasya*. Nous nous sommes inspiré de la méthode de description indiquée par Ph. DUCHAUFOR [58] tandis que la désignation de chaque couleur est suivie de son symbole dans le Code expolaire de CAILLEUX [21].

SOL n° 1 (cf. cliché n° 19)

SOL BRUN FERRALLITIQUE HUMIFERE

(Pour ne pas alourdir inutilement le texte, nous voudrions rappeler une fois pour toutes que toutes les stations ayant donné lieu à des prélèvements de sol pour les études analytiques relatives aux forêts de *Pinus khasya*, se trouvent sensiblement à la même altitude, sur le Plateau du Langbian, et que ces sols ont été formés à partir de roche-mère granitique. Nous ne mentionnerons donc, pour chaque étude de profil, que les caractéristiques concernant les emplacements, le relief local et la nature de la végétation).

Station: Forêt de MANLINE.

Emplacement: à 7 km du centre de Dalat, sur la droite du chemin allant du Camp d'Aviation de Dalat à Teurnon.

Relief local: relativement accidenté, avec pente d'environ 45 %.

Nature et description sommaire du peuplement:

Vestiges de forêt feuillue dense primaire noyés au milieu d'autres formations secondaires, aux cimes jointives, aux troncs à larges contreforts recouverts de mousses jusqu'à la moitié du fût.

Analyse de la végétation:

Etage dominant: *Aglaia gigantea* (Méliacées),
Talauma gioi (Magnoliacées),
Hopea odorata (Diptérocarpées),
Podocarpus imbricatus (Podocarpacees, etc...

Sous-étage: Diverses Fagacées.

Strate frutescente et herbacée: Acanthacées, Labiacées, etc...

Profondeur	Horizon	Description du sol
—	—	—
+ 3 cm	L A ₀	Litière de feuilles mortes en décomposition rapide. Petit A ₀ , imperceptible. Limite assez nette.
0 à —20, —30	A ₁	Epaisseur variable: base de l'horizon humifère ondulée, présence de poches. Couleur: Brun gris très foncé à l'état légèrement humide - J 41. Humus de type Mull-Moder. Structure instable en fins grumeaux irréguliers de 2 à 4 mm, agglomérant des éléments d'arène de 1 à 4 cm. Texture limono-sableuse. Faible plasticité. Racines très abondantes de toutes dimensions. Enracinement généralement oblique. Transition irrégulière. Limite diffuse.
—30 à —70	A ₂	Brunâtre à l'état humide - F 43. Horizon lessivé à gravillons et sables grossiers Texture limono-sableuse. Faible porosité. Squelette formé de fragments d'arène plus gros, environ 40 % du volume total. Racines moins denses. Rares

punctuations de 2 cm de diamètre, jaunâtres veinées de brun clair, de forme arrondie. Transition très progressive.

—70 à —240	B	Brun rouge vif à l'état humide - E 38. Matière organique le long des racines mortes. Horizon assez compact, ayant déjà subi un léger durcissement. Tendance à la formation de polyèdres ou de prismes, mais absence de clay skin. Quelques concrétions jaunâtres ou vert bouteille opaque.
—240 à —350	Zt	Zone tachetée. Quelques fragments de granites altérés, ou des blocs assez importants annonçant le passage progressif à C ₀ . Des taches rouge brunâtre ou rouge violacé avec des bandes plus ou moins concentriques.
—350	C ₀	Granite en cours d'altération.

SOIL n° 3 (cf. cliché n° 20)

SOLS FERRALLITIQUES NOIRS PODZOLIQUES

Station: Forêt de MANLINE.
Relief local: Terrain fortement en déclivité. Pente d'en viron 42 %.

Emplacement: La fosse pratiquée pour le prélèvement des échantillons de sol se trouve au fond d'un ravin, sur la route allant de Dalat à Saigon, près des chutes de Prenn.

Nature et description du peuplement:

Forêts de *Pinus khasya* en peuplements presque purs où les incendies ne sont pas repassés depuis probablement une vingtaine d'années. On note la prédominance des arbres de 25-30 cm de diamètre. Les plus grands sujets ne dépassent pas 50 cm.

Analyse de la végétation:

Etage dominant: Présence presque exclusive de *Pinus khasya*.

Sous-bois: Sous-bois très clair, avec quelques *Quercus lanata* de moins de 0,60 m de haut.

Végétation basse à base de Mélastomacées, de Composées, de Graminées et de Fougères.

Profondeur	Horizon	Description du sol
—	—	—
+7 cm	L A ₀	Tapis épais de feuilles mortes de Pins, parfois jusqu'à 7 cm et même davantage. L'horizon A ₀ est relativement marqué. Pas de cailloux. Humus brut fibreux où dominant des éléments non encore décomposés. Présence d'un fin chevelu particulièrement dense. Transition presque rectiligne.

0 à —80	A ₁ A ₂	Horizon sableux, uniformément infiltré de matière organique, très noire. Couleur: gris très foncé, ou plutôt gris noir J 10. Les racines de toutes dimensions forment un laticès très dense. La matière organique se trouve à côté des grains de quartz sans être enrobée par ces derniers. L'examen microscopique révèle une structure particulière: de petites masses de matière organique isolées sont mélangées aux grains de quartz transparents. L'horizon A ₂ infiltré d'humus se confond avec A ₁ . Limite assez nette.
—80 à —130	B ₁	Horizon humique très épais, et franchement noir. Teinte H 10. Microstructure pelliculaire; matière organique et fer forment un revêtement solide autour des grains de quartz. Début de durcissement. Transition très progressive.
—130 à -200	B ₂	Même formation, mais moins riche en humus. Brun plus clair E158.

SOL n° 6

SOL FERRALLITIQUE NOIR PODZOLIQUE

Station: Forêt de SUOIVANG. *Emplacement:* Situé à 16 km du Centre de Dalat, à 2 km du barrage d'Ankroët, 40 %.

Nature et description sommaire du peuplement:

Peuplements de *Pinus khasya* parcourus presque annuellement par les incendies. Absence presque complète de brins de semis au sol, malgré toutes conditions favorables à une régénération naturelle.

Analyse de la végétation:

Etage dominant: *Pinus khasya* pratiquement seul.

Sous-bois: Quelques Fagacées (*Quercus lanata*) avec quelques Podocarpacees (*Podocarpus imbricatus*) de 0,80 m à 2 mètres de haut.

Strate herbacée à base de fougères, accompagnées d'*Imperata cylindrica* et d'*Alloteropsis semialata* Hitch (Graminées).

Profondeur	Horizon	Description du sol
—	—	—
+ 2 cm	L A ₀	Litière formée d'une mince couche d'aiguilles mortes de <i>Pinus khasya</i> de 3 cm d'épaisseur. Mor fibreux gris noir J-10 de 10 à 15 cm (Cet- te couche d'humus brut est normalement plus épaisse encore. Mais un incendie récent a brû- lé, en même temps que la couverture végé- tale, une bonne partie de la litière et de l'hu- mus brut, réduisant ainsi l'épaisseur de cet horizon.

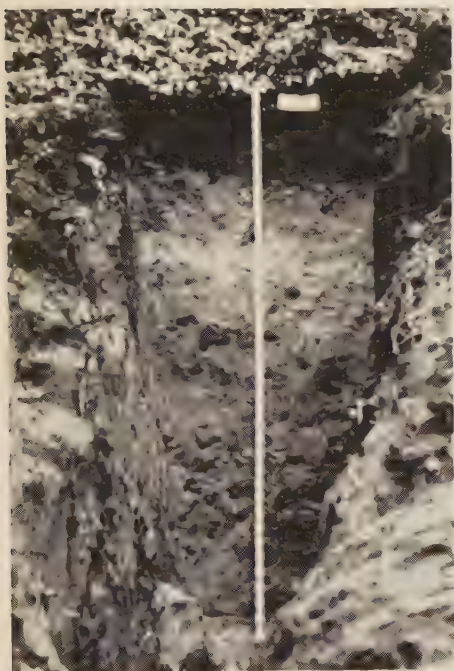
19. — Profil de sol brun ferrallitique humifère formé sur granite sous forêt feuillue dense climacique à Manline.

20. — Profil de sol ferrallitique noir podzolique sous forêt de *P. khasya* à Manline.

21. — Profil de sol brun ferrallitique sous savanes à graminées à Ankroët.

22. — Profil de sol faiblement ferrallitique sous forêt de *P. merkusii* sur basalte à Finnom.

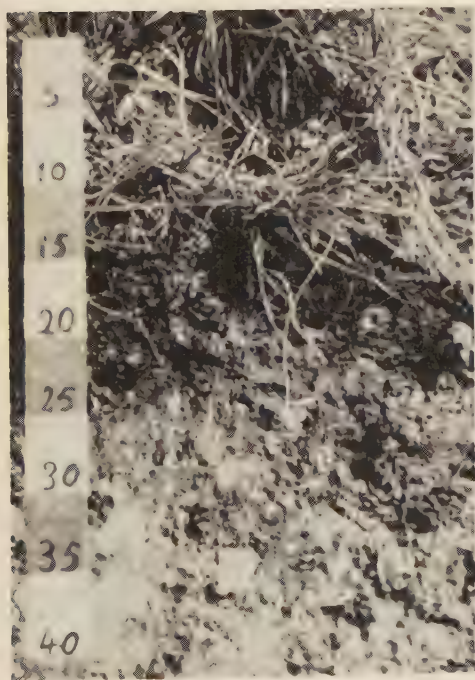
PLANCHE VI



19



20



21



22

0 à —40	A ₁	Horizon humifère particulièrement accentué, épais, noir J-10. Feutrage dense de racines. Structure particulaire. Sable fin, quartzeux, mélangé à des particules organiques. Transition très progressive.
—40 à —60	A ₁ A ₂	L'horizon A ₂ est masqué par la grande infiltration de matière organique. Gris foncé à état humide - J 41. Limite tranchée avec l'horizon inférieur, mais présence de poches. Structure particulaire. Texture limono-sableuse. 30 % de cailloux constitués de fragments de roche-mère.
—60 à —110	B	Accumulation de fer. Couleur ravivée par la présence des sesquioxides d'un brun vif E 56 à l'état humide. On note la faible quantité de composés organiques qui ont migré en profondeur.

SOL n° 9 (cf. cliché n° 21)

SOL BRUN FERRALLITIQUE

Station: Ankrœt II. *Emplacement:* Mamelon dénudé situé à 14 km du Centre de Dalat, à 500 m à droite du bord de la route Dalat-Ankrœt.

Relief: Terrain en très forte déclivité. Pente d'environ 60 %.

Nature et description sommaire de la végétation:

Terrain recouvert seulement d'un tapis de graminées, au milieu desquelles affleurent souvent des blocs de granite. On note la présence de :

- *Alloteropsis semialata* Hitch (co sa),
- *Kerriochloa siamensis* Hublard (co chi),
- *Panicum trichoides* Swartz (co thia),
- *Hyparrhenia filipendula*, etc...

Profondeur	Horizon	Description du sol
0 à —5 —10	A ₀ A ₁	L'horizon A ₀ est presque inexistant. L'horizon A ₁ est mince, fortement enrichi en limon et en argile du fait de l'érosion sélective. Teinte grisâtre F 90. Malgré les cailloux nombreux qui occupent jusqu'à 50 ou même 60 % du volume, les racines de graminées constituent un lacis très dense.
—5 —10 à —20 —25	B	On note la présence de concrétions blanchâtres durcies sur toute l'épaisseur de cet horizon qui d'ailleurs est également très mince, et présente une limite diffuse avec l'horizon supérieur. Couleur brun très clair E 68 dans l'ensemble. On a affaire plutôt à un profil tronqué, tout le sol en place ayant été enlevé par lessivage oblique.

3. — ETUDES ANALYTIQUES

a) *Techniques d'analyses.*

Le pH est déterminé au pHmètre à l'électrode de verre.

Les analyses granulométriques ont été déterminées par densimétrie par la méthode MERIAUX.

Le dosage du Carbone se fait par la méthode Anne modifiée, tandis que celui de l'Azote total par la méthode KJELDAHL.

Les bases échangeables sont extraites par la méthode BRAY et WILLHITE, et la détermination de la Capacité totale d'échange se fait par percolation à l'acétate d'ammonium neutre et normal.

L'extraction et le fractionnement des composés humiques se fait par la méthode d'extraction fractionnée, contrôlée par l'électrophorèse récemment mise au point par Ph. DUCHAUFOR et F. JACQUIN (1963) [54] et dont voici l'essentiel :

Le pyrophosphate de Na en solution à 1 % disperse parfaitement le complexe argilo-humique, mais son alcalinité assez élevée risque d'altérer la matière fraîche et donner naissance à des composés humiques nouveaux. Pour pallier cet inconvénient, les auteurs cités ont préconisé une méthode qui consiste à extraire d'abord les acides fulviques et les acides humiques bruns par une solution de pyrophosphate 1 %, additionné de ClNa à la concentration de 5 %, au cours des deux premières extractions. Ensuite, les acides humiques gris les plus polymérisés sont extraits à l'aide de pyrophosphate seul, au cours des deux dernières extractions.

On procède ainsi à quatre extractions successives sur un même échantillon de sol.

L'électrophorèse sur papier qui sépare très bien les deux formes d'acides humiques permet de contrôler l'efficacité de ce fractionnement chimique. Si la séparation par voie chimique entre acides humiques bruns et gris est satisfaisante, le sol étudié est caractérisé par un complexe argilo-humique floculé et stable. Lorsque cette séparation se fait mal, c'est que la liaison entre l'argile et la matière organique est faible, l'humus étant peu évolué.

L'évaluation des surfaces occupées sur les électrophorégrammes par les trois catégories d'acides humiques — les Bruns, les Gris et les Intermédiaires — permet d'obtenir la répartition en % des Gris et des Bruns en fonction des acides humiques totaux, ce qui renseigne sur le taux de polymérisation des acides humiques. D'autre part, le rapport du carbone des acides fulviques et humiques

au carbone total Ct, exprimé par la formule
$$\frac{C(AF + AH)}{Ct}$$
 et

appelé taux d'humidification, va fournir une indication précieuse sur le degré d'évolution de la matière organique. Ce taux d'hum-

23. Electrophorégrammes des acides humiques de sol brun ferrallitique humifère à Manline.

Extraction 1+2 en bas. Extraction 3+4 en haut.

24. Electrophorégrammes des acides humiques de sol ferrallitique noir podzolique à Manline.

Extraction 1+2 en bas. Extraction 3+4 en haut.

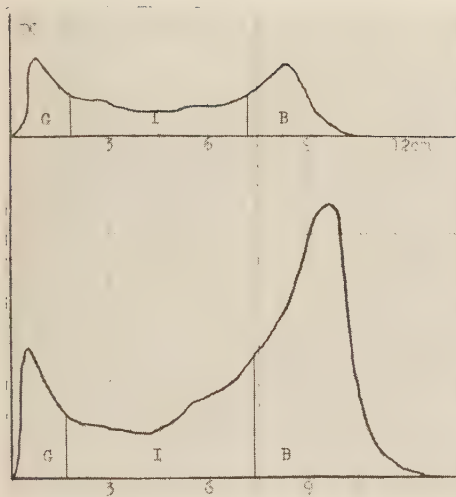
25. Electrophorégrammes des acides humiques de sol brun ferrallitique à Ankroët.

Extraction 1+2 en bas. Extraction 3+4 en haut.

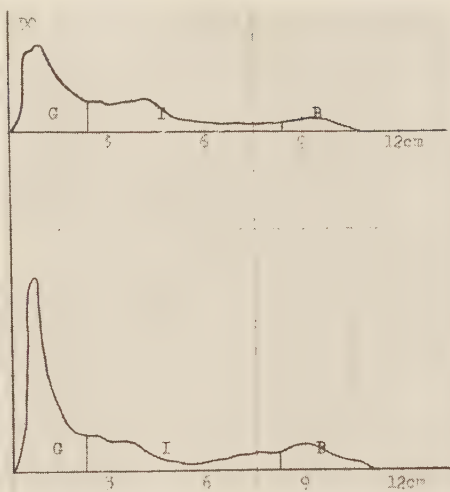
26. Electrophorégrammes des acides humiques de sol faiblement ferrallitique à Finnom.

Extraction 1+2 en bas. Extraction 3+4 en haut.

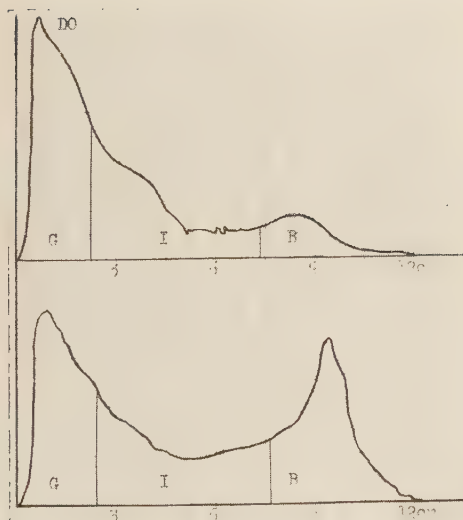
PLANCHE VII



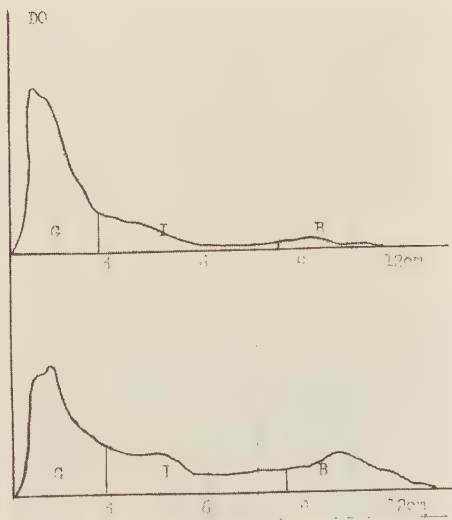
23



24



25



26

fication, qui donne le pourcentage de composés humiques extraits, par rapport à la matière organique globale, est toujours faible pour les humus riches en matière organique fraîche (cf. clichés 23, 24, 25 et 26).

b) *Comptes rendus des analyses de sols.*

Les comptes rendus des analyses de sols, tant en forêts de *Pinus khasya* qu'en forêts de *Pinus merkusii*, sont donnés en Annexe.

Toutefois, afin de faciliter la comparaison, les principales données relatives à la matière organique des sols étudiés sont présentées dans le tableau n° 11 suivant.

4. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX
DES SOLS FORMÉS SUR GRANITES

Le relief très accidenté de la région de Dalat accentue beaucoup les effets de l'érosion. Il convient de distinguer les sols normalement évolués des sols dégradés et érodés.

a) *Sols normalement évolués.*

Ce sont en général des sols très humifères. La formation d'une épaisse couche d'humus brut y est favorisée à la fois par une altitude relativement élevée (1 500 m) ainsi que par un climat local très humide et à forte nébulosité. Dalat accuse en effet une nébulosité moyenne annuelle qui oscille aux environs de 6,9, exprimée en chiffres de 0 à 10 [28].

Ainsi les variations microclimatiques sont faibles. D'autre part, du point de vue biologique, ces forêts de pins présentent un caractère d'aridité assez marqué qui n'est guère favorable à la flore microbienne.

Les horizons sont généralement bien différenciés. L'horizon organique est un humus brut caractérisé, très acide, à C/N très élevé, à décomposition lente. La structure microscopique de A₂ tend très souvent à prendre un caractère particulière.

Un autre caractère essentiel de ces sols, c'est leur désaturation extrême. Tous les horizons sont très pauvres en bases et S/T est partout très bas. La capacité totale d'échange T est inférieure à 20 m.é./100 g d'argile.

Alors que la teneur en alumine est plus élevée en surface, la teneur en argile augmente vers le bas, de même que la teneur en fer.

On peut admettre que l'augmentation de la teneur en argile en profondeur est due à une néoformation in situ, liée à une hydromorphie plus élevée. En surface, au contraire, le milieu est plus aéré et mieux drainé. L'alumine reste complexée par la matière organique: cela contrarie la néoformation d'argile.

Il ne s'agirait donc pas d'un lessivage.

Mais même si ces sols sont lessivés, il ne se forme pas de clay skin. Les enrobements ont plutôt un aspect gélatineux amorphe, au lieu de pellicules d'argile orientées fréquentes dans les horizons argilliques. Ces observations semblent conformes aux données américaines particulièrement à celles de Sys pour le Congo [128].

La faible capacité d'échange de ces argiles indique en outre qu'on a affaire à de la kaolinite exclusivement.

La proportion des sesquioxydes Fe^2O^3 et Al^2O^3 est élevée et représente généralement plus de 12 % par rapport à l'argile.

Ainsi, les caractéristiques de ces sols permettent donc de les ranger parmi les *oxisols humifères* dans la classification américaine [129].

Leur situation en zone forestière humide, l'absence du clay skin, leur capacité d'échange inférieure à 20 m.é. pour 100 g d'argile, ainsi que leur forte proportion de sesquioxydes représentant plus de 12 % du poids d'argile, autant de critères qui les rapprochent des UDOX ou des UMBRUDOX.

Ces sols correspondent dans la classification française à des sols à « ferrallitisation atténuée » par l'altitude, — soit des sols *ferrallitiques humifères*, soit des sols *bruns ferrallitiques* (SEGALEN, 1953) [127] ; (DUCHAUFOUR, 1965) [58].

b) Sols remaniés.

A cette catégorie générale de sols, on pourrait opposer les sols des savanes à graminées, qui sont des sols remaniés, rajeunis continuellement par l'érosion, le lessivage oblique, ou par les apports nouveaux.

On assiste à une nouvelle évolution, par incorporation d'une matière organique différente, à C/N bas de graminées.

La minéralisation est plus rapide mais, par contre, l'humification est plus poussée.

En général, ces sols sont moins ferrallitisés que les sols en place.

5. — ESSAI DE SYNTHÈSE

a) Sols formés sur granites sous forêts feuillues « climax ». (Sols n°s 1 et 2).

Ce sont des sols à texture fortement sableuse dès la surface, avec une abondante néosynthèse d'argile dans la zone hydromorphe. Peut-être qu'il y a en même temps un léger lessivage d'argile. En tout cas, l'absence de clay skin indique qu'il n'y a pas formation d'horizon argillique.

On note également un léger lessivage du fer, qui donne la teinte brunâtre à l'horizon profond.

La teneur en C est de l'ordre de 7,3 à 7,8 en surface. Il semble pourtant ne pas y avoir de rapport très étroit entre l'importance de ces teneurs en carbone et la puissance de la couverture végétale.

Nous verrons dans ce qui suit que malgré les grandes différences dans les quantités de débris végétaux fournis entre, d'une part, une grosse forêt feuillue et, d'autre part, un faciès dégradé à herbes courtes, les teneurs en C de cette dernière formation dégradée ne se laissent pas tellement distancer par celles de la grosse forêt, comme l'on aurait pu s'y attendre.

Nous sommes donc conduits à penser que le climat tropical joue ici un rôle déterminant. Les processus de décomposition de la matière végétale semblent avoir autant d'importance que la quantité de matière végétale produite et faisant retour au sol.

Mais s'il n'existe pas de relation directe entre l'amplitude de la végétation et la quantité de matière carbonée du sol, le rapport carbone/azote varie souvent en fonction du faciès végétatif et il traduit plutôt la richesse en azote de l'humus.

Dans ces vestiges de forêts feuillues denses primaires, C/N est en général plus élevé que dans les savanes à graminées. Nous relevons un $C/N = 18$ pour le type de sol n° 1, et pour le type de sol n° 2, C/N tend déjà à s'élever, car nous avons déjà affaire à un peuplement feuillu avec en bordure des taches de *Pinus khasya* qui commencent à s'installer.

Pour l'un comme pour l'autre, C/N baisse en profondeur, comme dans les sols lessivés tempérés.

La richesse en azote favorise donc une minéralisation intense, sous l'effet de l'activité biologique. La numération des germes du sol nous montre en effet une microflore totale relativement riche sous ces forêts (Cf. tableau de numération de la microflore des sols).

A l'inverse de la minéralisation, l'humification est faible, ce qui est d'ailleurs normal sous ces climats tropicaux humides, sans phases de dessiccation marquées. Elle peut s'expliquer également par le caractère protecteur des forêts feuillues denses climaciques de ses stations (Ph. DUCHAUFOR et Y. DOMMERGUES, 1963) [53].

$$CAF + CAH$$

Le taux d'humification $\frac{\quad}{CT}$ est aux environs de

23 %. Il serait en réalité un peu plus bas encore sans doute, car pour ces sols à humus peu évolué, il semble qu'il y ait une certaine néoformation d'acides humiques bruns au cours des extractions, qui forcerait un peu le résultat. Cette néoformation précisément tend à être plus forte dans l'horizon de surface, car elle y est liée à une forte teneur en matière organique fraîche (Ph. DUCHAUFOR et F. JACQUIN, 1963) [54].

Les acides humiques formés sont caractérisés par leur faible polymérisation et leur faible liaison avec l'argile. Dans le sol n° 1, il y a seulement 17 % de gris en surface.

On note également la disparition très rapide des acides fulviques en profondeur (0,27 contre 1,83 % en surface, dans ce même sol). Ce sont en effet « des composés organiques solubles et transitoires », responsables de l'entraînement du fer (BLOOMFIELD, 1956; LOSSAINT, 1959) [58].

Le complexe d'échange est marqué par une désaturation extrême. L'accumulation des bases en surface n'est pas plus accentuée ici que sous graminées (comparer avec les sols n°s 8 et 13).

Toutes ces caractéristiques, ajoutées à celles qui ont été déjà signalées dans les caractères généraux, — savoir une faible capacité d'échange, $T < 20$ m.é./100 g d'argile, et une forte teneur en sesquioxydes libres, $Fe_2O_3 + Al_2O_3 > 12$ % du poids d'argile, — nous permettent de ranger ces sols dans la catégorie des *sols bruns ferrallitiques humifères*.

b) *Sols formés sous forêts de Pinus khasya sans incendies ou incendies relativement espacés.* (Sols n°s 3, 4 et 5).

Ce sont des sols à texture sableuse et très filtrante. L'entraînement de l'argile et du fer est plus ou moins freiné par le lessivage oblique. La pente est en effet très forte sur ces plateaux.

L'influence du résineux se fait remarquer d'emblée par un rapport C/N partout supérieur à 30. Ce rapport est évidemment plus élevé ici que sous les feuillus, étant donné la nature des débris végétaux formés par les aiguilles de pins qui, par leur faible teneur en N et leur pauvreté en matières hydro-solubles, ne sont guère favorables à la prolifération des microorganismes.

L'expression du nombre de la microflore totale du sol par les rapports MT/C, Ch/C et Chx100/MT accuse en effet les chiffres les plus bas pour ces catégories de sols (Cf. tableau n° 12).

Il résulte de tout cela un ralentissement marqué de la minéralisation, avec accumulation de la matière organique en surface qui forme des horizons franchement noirs et très épais.

Tout comme dans les podzols des pays tempérés, C/N marque un maximum en profondeur (entre — 30 et — 90 cm), traduisant ainsi une migration partielle. On voit une plus grande quantité d'acides fulviques s'accumuler à ces niveaux :

2,5 %	contre	1,6	en surface,	pour le sol n° 3	et
2,26	»	1,02	»	»	n° 5.

Le sol n° 4 subit sans doute la même évolution que les deux autres, seulement celle-ci est moins accentuée,

En même temps que les acides fulviques, on note un entraînement de l'aluminium sous forme « complexée » par la matière organique. C'est l'indice d'un début de podzolisation.

Il semble que l'évolution de l'aluminium dans ces sols acides corresponde à une insolubilisation et une polymérisation croissante [55]. Cet aluminium s'insolubilise en même temps que la matière organique se polymérise.

En effet, la matière organique de ces sols semble douée de caractères très particuliers: elle est à minéralisation lente et pourtant la polymérisation des composés humiques est poussée. La proportion des acides humiques gris est élevée et le taux d'humification est de même ordre, sinon légèrement supérieur à celui des sols bruns ferrallitiques humifères déjà signalés, là où l'action du feu se fait sentir à des intervalles pas trop espacés.

Les incendies, par leur passage, même à des intervalles non rapprochés, contribueraient sans doute à maintenir en ces forêts des contrastes microclimatiques favorables aux processus d'humification. Car, même dans les forêts de Dalat les mieux protégées, l'action du feu n'est jamais tout à fait nulle. D'ailleurs, il ne faudrait pas oublier que c'est toujours le feu qui était à l'origine de leur formation.

Nous croyons que ces sols relèvent d'un type non ou peu décrit jusqu'ici: les *sols ferrallitiques noirs podzoliques*.

c) *Sols formés sous forêts de Pinus khasya régulièrement parcourus par les incendies.* (Sols n^{os} 6 et 7).

Ces sols présentent des caractères intermédiaires avec les précédents.

L'incinération de la couche d'humus brut en surface a pour effet d'activer considérablement la partie non brûlée et d'intensifier l'activité des microorganismes. La numération des germes du sol révèle en effet, à côté de la présence de fixateurs d'azote et de champignons, une abondance particulière de la microflore totale.

Cette activité microbienne se traduit par une minéralisation de l'azote organique de l'humus, qui se transforme en azote assimilable, ce qui fait baisser le rapport C/N entre — 25 — 40 cm.

D'autre part, l'évolution précédemment signalée pour les sols n^{os} 3, 4 et 5, est ici freinée. La podzolisation est moins marquée par suite précisément de la fréquence des incendies.

Notons cependant qu'en surface, le rapport C/N est toujours supérieur à 30, ce qui indique une tendance au Mor et montre encore l'influence du Pin.

d) *Sols formés sur mamelons dénudés à couverture herbacée peu dense.* (Sols n^{os} 8, 9, 10, 11, 12 et 13).

La couverture herbacée est le plus souvent formé d'un tapis graminéen, assez lâche. Le sol n'est plus protégé contre l'érosion. C'est ainsi qu'on note de grandes différences suivant la position topographique des diverses stations étudiées.

En bas des pentes, les sols présentent dès l'horizon de surface une richesse remarquable en argile.

Les fosses n^{os} 8, 10, 11, 12 et 13 ont été creusées au pied des mamelons, où les eaux d'entraînement, chargées d'argile, viennent se déposer. Elles témoignent d'un dépôt d'argile si important en surface qu'il a même masqué l'influence de l'illuviation en profondeur.

La fosse n^o 9, pratiquée à un niveau plus élevé, montre une allure visiblement opposée. Son horizon superficiel accuse en fait un appauvrissement en argile dû certainement au lessivage oblique. Cet appauvrissement n'est pas marqué, il est vrai. Car le courant à ce niveau n'est plus assez rapide pour que le lessivage oblique prenne nettement le pas sur l'entraînement en profondeur. Au sommet de la pente, la teneur en argile des horizons superficiels serait certainement plus pauvre. Dans les cas extrêmes, on pourrait même avoir un profil tronqué tout à fait.

Mais déjà l'écart qui existe entre le pourcentage d'argile de l'horizon de surface de la fosse n^o 9 et celui des horizons de surface des fosses pratiquées plus bas démontre assez clairement l'importance de l'érosion sélective sur ces mamelons dénudés.

Alors qu'au sommet, le sol est nettement appauvri en éléments fins jusqu'à présenter parfois un horizon supérieur tronqué, en bas, le sol est enrichi en argile par lessivage oblique ou même colluvionné. Cette évolution provoque un certain rajeunissement du profil aussi bien en haut des pentes qu'en bas, qui conduit à une uniformisation des textures plus ou moins marquée. En particulier, il y a « dilution » en contrebas par les apports nouveaux.

On note avec intérêt la structure en grumeaux très caractéristique de ces sols. Le type d'humus est certainement un Mull (ou Mull-Moder occasionnellement).

Quant à la richesse en carbone, ces mamelons recouverts d'un tapis de graminées en surface présentent une teneur en C variant de 3,9 à 6,3, ce qui est légèrement inférieur à celle des sols de forêts feuillues denses « climax ».

Le rapport C/N, en particulier, est le plus faible. Il varie entre 15 et 22 dans ces faciès à graminées, alors que sous forêts feuillues denses, ce rapport s'étale entre 18 et 25.

La polymérisation des composés humiques est également beaucoup plus forte que sous forêt. Les acides humiques gris représen-

TABLEAU n° 11
Valeurs caractéristiques des humus

Sol N°	C%	N%	C/N	A.F.%	A.H.%	CAF+CAH Ct	Catégories A.H. en %		
							B	I	G
A.-En forêts de Pinus khasya									
1 - A1	7,8	0,43	18	1,83	1,80	23	45	38	17
B	3,1	0,14	17	0,27	0,49	12	35	33	32
2 - A1	7,3	0,29	25	1,11	2,50	24	28	37	35
3 - A1	8,7	0,25	35	1,60	2,32	22	11	41	48
B1	14,0	0,43	32	2,50	4,90	26	22	32	46
B2	6,2	0,22	28	1,16	1,85	24	16	26	58
4 - A1	7,3	0,26	29	0,67	2,62	22	31	42	27
A2	2,2	0,07	29	0,55	0,53	24	14	28	58
5 - A1	3,5	0,09	37	1,02	1,40	34	26	39	35
B1	5,9	0,25	24	2,26	2,75	42	22	37	41
6 - A1A2	7,5	0,21	36	1,32	3,20	30	31	28	41
B	1,6	0,06	25	0,34	0,43	24	16	27	57
7 - A1	3,0	0,09	31	0,63	0,50	19	39	40	21
A1A2	1,8	0,07	24	0,38	0,14	14	28	31	41
8 - A1	4,8	0,32	15	1,26	1,84	32	38	34	28
B	1,1	0,10	11	0,42	0,14	25	22	42	36
9 - A1	6,3	0,29	22	1,31	1,17	20	25	25	50
10 - A1	5,0	0,30	16	1,24	0,80	20	20	30	50
B	2,8	0,17	16	0,61	0,41	20	18	32	50
11 - A1	4,6	0,26	18	1,11	0,77	20	9	30	61
12 - A1	3,9	0,23	17	1,11	0,54	21	26	40	34
B	2,6	0,13	20	0,57	0,13	13	15	32	53
13 - A1	4,3	0,20	21	1,20	0,50	23	21	51	28
B.-En forêts de Pinus merkusii									
14 - A12	1,6	0,06	27	0,43	0,59	32	24	37	39
15 - A12	1,7	0,05	34	0,33	0,53	25	20	32	48
16 - A12	4,0	0,16	25	0,73	0,68	17	30	34	46
17 - A12	1,6	0,07	23	0,32	0,52	26	20	34	46
B	1,2	0,06	20	0,14	0,06	9	18	35	47
18 - A12	2,7	0,10	27	0,63	0,92	27	8	39	53
19 - A12	0,5	0,02	25	0,20	0,14	34	16	40	44
20 - A12	0,5	0,02	25	-	-	-	-	-	-

TABLEAU n° 12

Sol N°	Végétation	Champignons	Fixat. N aér.	Microf. ttle	C%	MT/C	Ch/C	Ch/MT%	N%	C/N	pH
1	F. feuillue dense prim.	41.10 ⁴	-	61.10 ⁵	7,8	78.10 ⁶	5,2.10 ⁶	6,7	0,43	18	4,10
2	F. feuillue + <u>P.khasya</u>	40.10 ⁴	-	57.10 ⁵	7,2	78.10 ⁶	5,4.10 ⁶	6,9	0,29	25	5,30
3	<u>P.khasya</u> , sans incend.	12.10 ⁴	-	26.10 ⁵	8,7	29.10 ⁶	1,3.10 ⁶	4,5	0,25	35	4,90
7	<u>P.khasya</u> , incend. fréq.	66.10 ⁴	Azotobacter	103.10 ⁵	3,0	343.10 ⁶	22,0.10 ⁶	6,4	0,09	31	4,95
13	Savanes de graminées	10.10 ⁴	Lipomyces	31.10 ⁵	4,3	71.10 ⁶	2,3.10 ⁶	3,2	0,20	21	4,80

Fixateurs d'azote et microflore des sols
aux différents stades évolutifs des peuplements de *Pinus khasya*

tent jusqu'à 50 %, même 61 %, en surface, au lieu de 17 % seulement sous forêts feuillues et 30 à 35 % sous forêts de Pin plus clairsemé.

Ces faits traduisent le double rôle du microclimat et de l'azote. En effet, la végétation dégradée, protégeant moins le sol des rayons solaires et de l'action desséchante des vents, favoriserait davantage l'humification qui montre une accumulation plus abondante de matière humique stable.

La polymérisation et l'humification sont ainsi favorisées par la richesse en N. Il n'y a pas trace de podzolisation.

B. — Ensembles évolutifs sol-végétation sous forêts de *Pinus merkusii*

Nous avons vu que les forêts de *Pinus merkusii* peuvent avoir une double origine :

— une origine édaphique, là où elles sont conditionnées et stabilisées sous l'influence du sol, et de la topographie notamment. Ce sont donc des associations primaires, mais des associations spécialisées sur des sols spécialisés, autrement dit, des climax stationnels.

— une origine anthropique, là où l'homme a rompu l'équilibre naturel à la suite des défrichements et des incendies, et les formations primaires ont été remplacées par la forêt actuelle.

Il est bien difficile néanmoins de distinguer les formations climaciques des formations remaniées qui les entourent, car, dans l'un comme dans l'autre cas, les forêts de *Pinus merkusii* se présentent sous forme de forêts claires en mélange avec des essences feuillues, dont le faciès varie précisément en fonction de la proportion plus ou moins importante d'essences feuillues entrant dans le mélange.

Et c'est là le principal critère qui nous a guidé dans le choix des différentes placettes d'échantillonnage. La richesse relative de l'un ou de l'autre élément se répercutera, sans doute, sur la nature de l'évolution du sol.

Dans les quatre premières stations donc (sols n^{os} 14, 15, 16 et 17), nous n'avons fait varier rien que le facteur végétation, avec proportions variables de *Pinus merkusii* et d'essences feuillues entrant dans la composition du peuplement. L'altitude est aux environs de 900 mètres partout, et la roche-mère est constituée partout de basalte.

Dans les trois dernières stations (sols n^{os} 18, 19 et 20), nous avons essayé de faire intervenir l'influence de la roche-mère.

Les diverses stations ayant donné à des prélèvements de sols sont mentionnées sur le tableau ci-après. Nous donnons également la description détaillée de quelques profils parmi les plus caractéristiques.

Les techniques d'analyses sont les mêmes que ci-devant, et les résultats des analyses figurent en Annexe.

1. — LISTE DES DIVERSES STATIONS
AYANT DONNÉ LIEU A DES PRÉLÈVEMENTS DE SOLS
POUR LES ÉTUDES ANALYTIQUES

(Cf. Comptes rendus des Analyses de Sols, en Annexe)

- | | | |
|--|---|---|
| 1° Station GOUGAH
Sol n° 14 | : | Forêt de <i>Pinus merkusii</i> en peuplements presque purs sur basalte. Faible minorité de <i>Dipterocarpus obtusifolius</i> . |
| 2° Piste n° 2
à Langhanh
Sol n° 15 | : | Forêt de <i>Pinus merkusii</i> en peuplements mélangés avec <i>Dipterocarpus obtusifolius</i> , à sous-bois clairsemé sur basalte. |
| 3° Piste n° 3
à Langhanh
Sol n° 16 | : | Forêt de <i>Pinus merkusii</i> en peuplements mélangés avec <i>Dipterocarpus obtusifolius</i> , à sous-bois feuillu très dense, sur basalte. |
| 4° Station FINNOM
Sol n° 17 | : | — id — |
| 5° Station LANGHANH
Sol n° 18 | : | — id — |
| 6° Station GIOGLANG
Sol n° 19 | : | Forêt de <i>Pinus merkusii</i> en peuplements mélangés avec <i>Dipterocarpus obtusifolius</i> , à sous-bois feuillu dense, sur roche-mère gréseuse. |
| 7° Piste n° 1
à Langhanh
Sol n° 20 | : | Forêt de <i>Pinus merkusii</i> en peuplements mélangés avec <i>Dipterocarpus obtusifolius</i> , à sous-bois feuillu dense, sur roche-mère schisteuse. |

2. — DESCRIPTION DES PROFILS DE SOL

Nous faisons figurer ci-après la description du profil du sol n° 17, que nous considérons comme le plus typique des sols formés à partir de roche-mère basaltique, sous forêt mixte de *Pinus merkusii* et *Dipterocarpus obtusifolius*. Nous faisons également la description des sols n° 19 et 20, formés à partir de roche-mère schisteuse et gréseuse.

SOL n° 17 (cf. cliché n° 22)

SOL FAIBLEMENT FERRALLITIQUE

<i>Localité:</i> Plateau du Haut-Donnai.	<i>Emplacement:</i> Sur la gauche de la route Nationale n° 21, à 7 km environ du point de croisement avec la R.N n° 20, dans la direction de Dalat à Saigon.
<i>Étation:</i> Forêt de Finn timer.	
<i>Relief:</i> Presque plat, pente nulle.	
<i>Altitude:</i> 900 mètres.	
<i>Roche-mère:</i> Basaltique.	

Nature et description sommaire du peuplement:

Peuplement de *Pinus merkusii* assez convenable, poussant en mélange avec des essences feuillues parmi lesquelles domine *Dipterocarpus obtusifolius*.

Analyse de la végétation:

Etage dominant: *P. merkusii*,
D. obtusifolius,
Shorea obtusa (Ca chac),
Pentacme siamensis (Ca chac den).

Sous-bois: très dense, couvrant le sol à presque 100 %, avec
Pasania dealbata ou gie,
Engelhardtia colebrookkeana ou cheo.

Tapis herbacé: à base de Graminées — *Kerriochloa siamensis* Hub. notamment — et de Myrtacées, Mélastomacées, etc...

Profondeur —	Horizon —	Description du sol —
+3	L A ₀	Litière formée de débris végétaux divers, en cours de décomposition. A ₀ très mince, presque inexistant.
0 à —15 —20	A _{1,2}	Horizon humifère d'un brun noir très foncé H 41 à l'état humide. Texture limono-sableuse. Structure grumeleuse. Pas de cailloux. Enracinement abondant. Transition irrégulière et progressive avec l'horizon sous-jacent.
—15 —20 à —80	B	Brun clair. Texture limono-sableuse. Structure à tendance grumeleuse. Remarquable par sa grande profondeur.
—80 et plus bas		Texture devenant plus fine, avec un enrichissement marqué en argile aux environs de —100 cm. Présence de nombreuses concrétions scoriacées, de dimensions variables, de teinte rouge brun ou brun pâle, tachée de pourpre dominant un lit d'argile bleuté compact. Basalte en décomposition sphéroïde.

SOL n° 19

SOL FAIBLEMENT FERRALLITIQUE

Localité: Plateau du Haut-Donnai.

Station: Gioc lang.

Relief: Pente d'envziron 25 %.

Altitude: 850 mètres.

Roche-mère: Gréseuse.

Emplacement: A droite de la route Saigon-Dalat, et à environ 4 km de la Station de recherches Agronomiques et Forestières de Langhanh.

Nature et description sommaire du peuplement:

Peuplement de *P. merkusii*, assez bien venant, poussant en mélange avec *D. obtusifolius*, avec un sous-bois peu dense.

Analyse de la végétation:

Étage dominant: *P. merkusii* et *D. obtusifolius*.

Sous-bois: Très peu fourni, constitué par des essences au feuillage léger, notamment de *Quercus helferiana* et *Pasania dealbata*.

Tapis herbacé: Formé surtout de *Kerriochloa siamensis* et *Imperata cylindrica*.

Profondeur	Horizon	Description du sol
—	—	—
+2	L A ₀	Litière de feuilles mortes. Petit A ₀ .
0 à —5	A ₁	Horizon humifère brunâtre E 41. Structure à tendance grumeleuse. Texture sableuse grossière. Très faible teneur en argile. Cailloux de 2 cm à 5 cm formant 15 % environ du volume. Transition très irrégulière et très progressive.
—5 à —10	A ₁ A ₂	Horizon beige argilo-sableux, de structure mal définie à tendance particulière. Gravillons et grains de quartz de toutes dimensions formant 25 % du volume total. Limite diffuse avec l'horizon sous-jacent.
—10 à —80	B	Brun rouge F 52 dans l'ensemble avec des bigarrures rouges et ocre vif. Squelette formé de gravillon saplatis de 1-3 cm, brun clair, rous-sâtres ou gris veiné de rouge formant environ 25 % du volume total.
—80 et plus bas		Accumulation de fer. Teinte générale rougeâtre D 38. Dur, compact, résistant à la pioche. Cailloux occupant jusqu'à 30 % du volume total avec présence de gros fragments de grès non décomposés. Racines horizontales ou légèrement obliques seulement à la partie supérieure de cet horizon.

SOL n° 20

SOL FAIBLEMENT FERRALLITIQUE

Localité: Plateau du Haut-Donnai.

Station: Forêt de Lang hanh.

Relief: Pente douce, 5-10 %.

Altitude: 850 mètres.

Roche-mère: Schisteuse.

Emplacement: Sur la gauche de la route Saigon-Dalat, à environ 8 km de la Station de Recherches A. et F de Langhanh.

Nature et description sommaire du peuplement:

Peuplement mélangé de *P. merkusii* et de *D. obtusifolius* assez bien venant.

Analyse de la végétation:

La végétation présente sensiblement les mêmes caractéristiques que celle de la Station de Finnôm (Cf. Sol n° 17).

Profondeur —	Horizon —	Description du sol —
+ 3	L 3 ₀	Feuilles mortes incomplètement décomposées. A ₀ presque invisible. Feutrage dense de racines.
0 à —10	A ₁₀	Horizon humifère très peu différencié. Teinte violacée C 21. Affleurements de schistes dès la surface. Texture argilo-limoneuse. Très peu de sables grossiers. Structure à tendance grumeleuse.
—10 à —120 et plus bas	B	Horizon remarquable par sa grande profondeur, très peu différencié de l'horizon supérieur. Teinte générale d'un violacé éteint. Matériau friable, poussiéreux. Texture plus fine en profondeur.

3. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES SOLS FORMÉS SOUS FORÊTS DE PINUS MERKUSII

a) *Sur basaltes*. (Sols n°s 14, 15, 16, 17 et 18).

Sur basalte, la texture se révèle comme moins riche en fraction sableuse que dans les sols formés sur granite. Cette fraction est de l'ordre de 40 %, contre 50 % sur granite.

La teneur en argile, par contre, est plus élevée. Cette richesse relative en argile apparaît surtout dans les horizons profonds. Elle augmente progressivement depuis l'horizon de surface et passe par un maximum au niveau de — 100 cm.

Le climat local plus humide — notamment une pluviosité plus forte qu'à Dalat — favorise sans nul doute une hydromorphie plus grande qui est à l'origine de cette abondante néosynthèse d'argile en profondeur.

On note néanmoins d'importantes variations de teneur en argile, suivant la position topographique de chaque station. Ceci est certainement lié au lessivage oblique.

La valeur de la capacité totale d'échange, quoique faible, reste souvent supérieure à 20 m.é. pour 100 g d'argile, ce qui fait supposer que des types d'argile plus riches en SiO₂ sont en mélange avec de la kaolinite.

Les valeurs absolues de teneur en carbone ne sont pas fortes, ce qui est naturel sous ces forêts claires qui ne produisent pas beaucoup de litière. On peut noter cependant avec intérêt que là où les Diptérocarpacées et le sous-bois feuillu prédominent (sol n° 16), C augmente assez sensiblement. Elle est de 4 % dans ces forêts

claires à Diptérocarpacées avec sous-bois abondant, alors qu'elle oscille aux environs de 1,6 %, 1,7 % ou 1,9 % partout où la proportion de *Pinus merkusii* va croissant jusqu'à occuper pratiquement le terrain.

Ce qui traduit de façon plus visible encore l'influence de la part relative des différents éléments entrant dans la composition des peuplements, c'est le rapport C/N.

Ce rapport C/N est en général intermédiaire entre celui trouvé pour les forêts de *Pinus khasya* et celui trouvé pour savanes à graminées. Il tend à se rapprocher davantage des valeurs trouvées pour forêts feuillues, sur granite.

C/N > 25 là où les Pins prédominent (sols n°s 14 et 15).

C/N ≤ 25 là où le Pin est en régression en faveur des feuillues (sols n°s 16 et 17).

Les valeurs du pH parlent d'ailleurs dans le même sens. Dans les sols n°s 14 et 15 où il y a une grande majorité de résineux, le pH varie de 4,75 à 5,1. Le milieu devient un peu moins acide et le pH oscille aux environs de 5,5 dans les sols n°s 16, 17 et 18 qui présentent une plus grande proportion de Diptérocarpacées et un sous-bois feuillu toujours bien fourni, formant un véritable sous-étage fermé.

Quant à la somme des bases échangeables, elle est toujours plus forte sur basalte que sur granite, les roches ignées mélanocrates étant plus riches en bases que les roches ignées leucocrates. A côté de l'influence de la roche-mère, il y a aussi l'action du cycle biologique qui ramène davantage de bases à la surface.

L'influence de la végétation est néanmoins plus réduite dans ces stations que dans le cas de *Pinus khasya* sur granite. En effet, les processus d'altération sont plutôt sous la dépendance directe des conditions de roche-mère et des conditions de drainage, c'est-à-dire de la topographie.

Dans les bas-fonds mal drainés où règne une hydromorphie caractérisée, le milieu est plus ou moins enrichi en bases et en silice par lessivage latéral, les conditions deviennent favorables à la formation d'argiles plus riches en SiO₂, les sols sont très faiblement ferrallitiques.

Partout en milieu convenablement drainé, on assiste à la formation de « terres rouges » dont le profil se distingue par l'absence d'un horizon A nettement différencié et la présence d'un horizon B de teinte brun-rouge, de structure grumeleuse, à texture très fine (sols n°s 16 et 18: environ 80 % d'argile), épais en général de plusieurs mètres. Ce sont les latosols rouges et les latosols bruns dont parle F. MOORMANN [104]. Ils comportent en général à 1 mètre de profondeur une épaisse bande de concrétions scoriacées, en mélange intime avec de la terre fine.

Quant aux composés humiques, la proportion d'acides humiques gris est comparable à celle trouvée sous les savanes à graminées à Dalat. Elle approche souvent de 50 %. La polymérisation est plus poussée que sous les sols formés sous forêts de *Pinus khasya* soumises à l'action périodique du feu. On pourrait en trouver l'explication dans les conditions locales de climat et de roche-mère. Ces stations font en effet partie d'une région où les contrastes saisonniers sont plus marqués. En outre, les ions bivalents catalysant la formation d'acides humiques gris sont certainement plus abondants ici que sur les roches granitiques où s'installent *Pinus khasya* [58].

b) *Sur grès et sur schistes*. (Sols n^{os} 19 et 20).

Les sols formés sur grès ont une texture grossière, avec environ 50 % de sable. La matière organique est souvent faible en surface. Le pH est acide.

Ces sols semblent présenter une certaine tendance à la podzolisation, surtout lorsque *Pinus merkusii* arrive à prendre une nette prédominance sur les feuillus. Le rapport sesquioxydes libres $Al^2O^3 + Fe^2O^3$ sur le poids d'argile dépasse 12 % et T est inférieur à 20 m.é. pour 100 g d'argile. Ce sont donc des sols ferrallitiques à horizon oxisque ou Oxisols de transition. Ils sont fréquemment lessivés. Il y a souvent plus d'argile et de sesquioxydes en B qu'en A. Cependant, l'horizon B ne montre pas d'enrobements microcristallins d'argile, mais seulement des enrobements gélatineux et amorphes autour des unités structurales; donc pas d'horizon argillique.

Les sols sur schistes sont en général profonds, à texture limono-argileuse (très peu de sables grossiers, environ 17 % de sables fins, 0 % de limons, le reste en argile).

Le pH est bas sous ces peuplements mélangés. Le rapport C/N présente des valeurs intermédiaires, oscillant aux environs de 25.

La proportion d'hydroxydes est faible. Il y a beaucoup moins de Al libre. Ces sols formés à partir de schistes sont en général moins ferrallitisés que ceux formés sous *Pinus khasya* sur granites. L'horizon B est souvent très peu différencié. Néanmoins, sur terrain plat, on peut avoir affaire à des sols ferrallitiques lessivés. Alors, les limites de l'horizon B se précisent et on distingue souvent des pseudo-concrétions à sa base.

CONCLUSIONS

Des observations personnelles que nous avons recueillies, il nous semble pouvoir tirer les conclusions suivantes relatives à l'étude statique comme à l'étude dynamique des peuplements de *Pinus khasya* et de *Pinus merkusii* sur les Hauts Plateaux du Centre-Vietnam.

A. — Au point de vue morphologique

1° Si *Pinus merkusii* est caractérisé par une ramification de type monocyclique, *Pinus khasya*, par contre, présente souvent sur une même pousse annuelle deux ou trois cycles morphogénétiques successifs, ce qui lui confère la caractéristique d'être polycyclique.

Malgré la faible longueur de la zone inerte qui les rend quelquefois difficiles à observer, les pousses polycycliques sont assez fréquentes sur la tige principale et sur les rameaux les plus vigoureux de *Pinus khasya*.

2° L'étude des caractères anatomiques des aiguilles permet de distinguer chez *Pinus merkusii* l'existence à la fois de canaux résinifères « centraux », « internes » et « septaux » alors que chez *Pinus khasya*, on n'observe que des canaux résinifères « submarginaux ».

Pinus merkusii présente en outre un cylindre central particulièrement large et particulièrement épais, qui dépasse souvent les 3/5 de la section transversale de l'aiguille.

3° *Pinus khasya* et *Pinus merkusii* sont dotés l'un et l'autre de fibres très longues, peut-être les plus longues parmi les résineux. Exceptionnellement chez *Pinus merkusii*, les trachéides mesurent rarement moins de 7 mm de longueur.

B. — Au point de vue écologique

1° On considère souvent *Pinus khasya* comme une essence des altitudes supérieures alors que *Pinus merkusii* est une essence des faibles et moyennes altitudes.

Ce schéma est vrai dans l'ensemble. Mais il y a un certain danger à trop le systématiser. Car ce ne sont pas toujours les variations d'altitude qui président à la répartition de ces deux espèces de pins. Dans les zones où elles viennent en mélange par exemple, on trouve souvent *Pinus khasya* en contrebas des versants occupés par *Pinus merkusii*.

2° Il semble qu'à l'origine de la distribution des aires respectives de ces deux espèces, on ne pourrait sous-estimer l'importance de ces deux facteurs primordiaux : d'une part, les exigences de *Pinus merkusii* pour les propriétés chimiques du sol et, d'autre part, l'inaptitude de *Pinus khasya* à résister à la concurrence.

Grâce à sa rusticité, à sa frugalité, à son héliophilie, à sa croissance rapide dans le jeune âge et surtout à sa plasticité remarquable à tous les points de vue, *Pinus khasya* est sans conteste un grand « occupateur de places vides ». Il s'installe aisément à la suite des passages du feu et se contente de conditions tout à fait précaires.

Mais là où les conditions sont également propices aux autres espèces qui, alors, viennent lui disputer le terrain, *Pinus khasya* se défend trop mal pour pouvoir survivre longtemps.

C'est ainsi qu'il est rare de le trouver sur des sols vraiment bons, la concurrence l'en expulsant très rapidement en faveur de *Dipterocarpus obtusifolius* et de *Pinus merkusii*.

Ce dernier est indifférent quant aux propriétés physiques du sol, il est vrai. Mais il se montre moins tolérant quant à sa composition chimique et à sa réaction. Il va donc abandonner à son voisin les sols les plus acides et fortement désaturés — le plus souvent sur roche-mère granitique ou dacitique — et il se réserve les sols basaltiques, schisteux ou schisto-gréseux, relativement plus riches en bases échangeables et en matières nutritives.

C. — Au point de vue de l'évolution de ces peuplements

1° Alors que la quasi-totalité, sinon la totalité même des peuplements de *Pinus khasya* sur le Plateau du Langbian peut être considérée comme d'origine anthropique, les peuplements de *Pinus merkusii* sur le Plateau du Haut-Donnaï, au contraire, peuvent avoir une double origine :

— une origine édaphique, lorsqu'ils sont conditionnés par la nature du sol et la topographie du terrain,

— une origine anthropique, lorsqu'ils sont une forme de dégradation de la forêt dense, sous l'action des passages répétés du feu.

Les formations d'origine édaphique constituent donc des « climax stationnels », installés sur des basaltes récents, à peine touchés par la pédogénèse. Mais le feu n'ayant limité nulle part ses ravages,

ces formations climaciques n'en sont pas plus indemnes que les formations secondaires voisines et l'on doit maintenant les considérer plutôt comme des formations édaphiques secondaires, c'est-à-dire qu'elles sont à la fois d'origine édaphique et anthropique.

2° Ainsi, les forêts de *Pinus khasya* et de *Pinus merkusii* sur les Hauts Plateaux du Centre-Vietnam correspondent presque toujours à des formations d'évolution régressive. Serait-il alors possible d'envisager un retour à l'association et au sol climax? Dans l'état actuel des choses, il semble qu'un véritable état d'équilibre nouveau s'est établi entre le nouveau sol et l'association dégradée, de sorte que la reconstitution de l'équilibre primitif s'avère particulièrement difficile. Le feu qui repasse presque annuellement en saison sèche joue d'ailleurs lui-même un rôle de stabilisateur. On pourrait parler dans ces peuplements de *Pinus khasya* et de *Pinus merkusii* d'une sorte de paraclimax, qui remplace le climax primitif.

3° L'influence du couvert végétal sur la dynamique des sols est très importante, surtout dans les horizons supérieurs, de même que l'action réciproque des caractères spécifiques du sol sur la végétation.

Entre le sol et la forêt qui le recouvre, les relations sont très étroites. La décomposition des débris végétaux donne des humus de nature très diverse selon les essences végétales qui fournissent ces débris. Lorsque ces peuplements se trouvent modifiés dans leur composition ou dans leur densité — et par suite, dans le microclimat qu'ils favorisent — il en résulte un humus différent qui va commander l'évolution du sol dans un sens tout à fait différent.

a) Sur roche-mère granitique et sous forêt feuillue dense climacique, les sols présentent un horizon humifère relativement épais, de structure grumeleuse et à forte teneur en azote, ce qui favorise une vie microbienne intense et une minéralisation rapide de la matière organique. Mais l'absence de contrastes saisonniers importants sur le Plateau du Langbian et le microclimat constamment humide de ces forêts feuillues denses amènent une humification très peu poussée. Les acides humiques formés sont en majorité des acides humiques bruns, très peu polymérisés et caractérisés par une faible liaison avec l'argile. Les acides fulviques, responsables de l'entraînement du fer, disparaissent très vite en profondeur. On a des sols bruns ferrallitiques humifères.

b) A mesure de l'installation progressive de *Pinus khasya*, on assiste à une évolution parallèle de la forêt et du sol.

Tandis que les pins peu à peu prédominent sur les feuillus, l'évolution du sol va s'orienter dans un sens nettement différent. Car

Pinus khasya est une essence à la fois acidiphile et acidifiante en même temps. Les aiguilles de pin vont provoquer un abaissement du pH, un relèvement du rapport C/N, et par voie de conséquence, une diminution de la microflore totale du sol, toutes conditions très peu favorables à une minéralisation rapide. La matière organique va donc s'accumuler en masse en surface et forme un horizon humifère particulièrement noir et particulièrement épais, qui atteint souvent 80 à 100 cm d'épaisseur, et présente une structure particulière et non plus grumeleuse comme sous les feuillus.

Les acides fulviques migrent et s'accumulent en profondeur. L'aluminium est entraîné sous forme « complexée » par la matière organique. Le rapport C/N présente un maximum entre —30 et —90 cm. Autant d'indices révélateurs d'un début de podzolisation.

Au lieu de sols bruns ferrallitiques humifères, on a maintenant des sols ferrallitiques noirs podzoliques, qui semble un type de sol encore très peu étudié.

c) Les passages périodiques des incendies vont par ailleurs apporter des modifications sensibles, d'une part, parmi les sols formés sous forêts feuillues denses climaciques et les sols formés sous forêts de pins soumis constamment aux atteintes du feu.

Très ralentie sous forêts de *Pinus khasya* sans incendies, la minéralisation devient plus active sous l'action du feu qui brûle la couche d'humus brut en surface, relève le pH, fait baisser le rapport C/N et donne chaque fois un coup de fouet très salutaire à l'activité des microorganismes. La tendance à la podzolisation se voit considérablement freinée sous ces forêts de *Pinus khasya* parcourues par les incendies à intervalles plus ou moins rapprochés.

L'humification, de son côté, très faible sous forêt feuillue dense, se trouve particulièrement favorisée par les contrastes microclimatiques créés par les incendies. C'est pourquoi, les forêts de pins soumis à l'action du feu accusent, à côté d'un taux d'humification élevé, une proportion d'acides humiques gris beaucoup plus importante qu'elle ne l'est sous forêt feuillue climacique.

A travers les différents stades de l'évolution des peuplements de *Pinus khasya*, nous assistons à la formation progressive d'un sol nouveau, concomitante de l'installation d'une forêt nouvelle. Mais à mesure que les caractères spécifiques du sol nouveau s'affirment, ils vont également influencer en retour sur l'association végétale qui se forme. En effet, l'acidification progressive du sol va éliminer peu à peu les essences feuillues. *Pinus khasya*, en présence de conditions qui lui sont de plus en plus favorables, va prendre l'avantage et se substituer enfin complètement aux formations feuillues originelles. Sol et forêt vont atteindre simultanément une sorte de stabilité, qu'on pourrait appeler paraclimax.

d) Dans la pratique, cette stabilité est rarement réalisée. Presque toujours, l'évolution de la forêt, comme celle du sol, est trou-

blée par le fait de l'homme qui, en l'occurrence, agit surtout par le feu. Il arrive en effet que des incendies, comme une gangrène, grignotent tous les ans un lambeau de ces forêts de *Pinus khasya*, déjà très clairsemées et les transforment petit à petit en prés-bois, puis en savanes arbustives, enfin en prairies à graminées.

Les sols sont alors constamment soumis à l'action de l'érosion. Les herbes courtes assurent une protection nettement insuffisante contre la dégradation des structures par percussion des gouttes de pluie et l'érosion sélective en nappe qu'elle prépare. Les horizons sont constamment rajeunis.

Ainsi se manifeste parallèlement, pour la végétation et pour le sol, une évolution régressive, qui va se poursuivre jusqu'au stade ultime de la dégradation, si on ne fait rien pour aider au reboisement de ces mamelons dénudés.

e) Les forêts de *Pinus merkusii*, sur le Plateau du Haut-Donnaï, subissent aussi l'action du feu. Mais du fait de leur origine, de leur structure et de leur composition floristique qui sont différentes, ces forêts vont connaître une évolution qui n'est pas du tout comparable à celle des forêts de *Pinus khasya*.

L'influence de la végétation sur l'évolution du sol dépend ici surtout de la part relative des différents éléments entrant dans la composition de ces peuplements mélangés.

On constate en tout cas que dans ces stations, l'influence de la végétation est plus réduite que dans les forêts de *Pinus khasya*, sur roche-mère granitique.

Les processus d'altération varient ici surtout en fonction directe des conditions de roche-mère et de drainage. Ils varient avec l'âge des coulées et particulièrement avec le niveau de la nappe phréatique qui donne selon le cas, des terres rouges, des terres grises ou des terres bleues des marais.



Au cours de cette étude sur l'évolution des forêts de *Pinus khasya* et de *Pinus merkusii*, l'action du feu apparaît comme nettement prédominante.

Ce sont les incendies qui ont favorisé le développement des Pins au détriment des feuillus.

Ce sont les rays et défrichements qui, en rompant l'équilibre naturel, ont provoqué l'installation de ces formations secondaires à la place des formations originales.

C'est encore le feu qui est le principal artisan de la structure de ces peuplements dont les caractères s'expliquent par l'ancienneté, l'intensité de ses atteintes.

S'il est à l'origine de ces mamelons parfaitement dénudés et parfaitement stériles, il peut aussi bien, par son abstention, y favoriser l'installation d'une pinède de belle venue, à partir de graines légères que le vent dissémine au loin.

Néanmoins, le forestier ne devrait pas trop compter sur cette force aveugle, et toute méthode de traitement de la forêt doit avant tout être envisagée comme un compromis, ou un moyen de lutte le plus efficace contre le feu, qui agit doublement,

- et par son action dévastatrice directe,
- et par les modifications indirectes qu'il apporte à la structure du peuplement et aux propriétés du sol.

Le sol, en se modifiant, entraînera à son tour d'autres transformations au sein du complexe biocénotique dont il fait lui-même partie.

C'est cette interaction des facteurs anthropiques et édaphiques qui a conduit à ces formations évolutives très hétérogènes que nous avons signalées. Le forestier, qui cherche à tirer le meilleur profit de ces formations, arrivera peut-être, par des interventions adéquates, à les stabiliser, à créer une sorte de faux équilibre entre les forces en présence: l'action du feu, la nature du sol, et celle des peuplements qu'il supporte.

Sans doute, le caractère d'extrême mobilité de ces formations va lui compliquer singulièrement la tâche. Mais c'est ainsi que se pose le problème de l'aménagement de ces forêts et des modes de traitement à leur appliquer, problème d'un grand intérêt pratique, mais qui dépasserait le cadre de notre travail.

Peut-être pourrions-nous cependant fournir quelques détails d'applications pratiques qui découlent de nos observations précédentes.

Pinus khasya, qui accuse une croissance très rapide dans le jeune âge, avec un accroissement maximum en diamètre entre 15 et 20 ans, se prête ainsi à merveille à des modes de traitement à courte révolution dans les aménagements en vue de la production de pâte à papier.

D'ailleurs, la longueur de ses fibres le désigne comme un excellent bois de papeterie.

Dans les forêts non traitées, la largeur des accroissements annuels de *Pinus khasya* subit souvent une chute très rapide à partir de 50 ou 60 ans. Il serait néanmoins possible, grâce à des éclaircies intervenues au moment voulu, de continuer à maintenir un taux d'accroissement régulier jusqu'à un âge plus avancé. La périodicité, l'intensité, le mode des éclaircies seraient alors à étudier, de même que l'âge auquel *Pinus khasya* réagirait le plus efficacement aux éclaircies.

Quant à *Pinus merkusii*, il est susceptible d'atteindre des dimensions bien plus considérables que son voisin, avec un fût plus droit,

un coefficient de décroissance plus bas également. Il croît moins vite que *Pinus khasya* dans les toutes premières années, mais sa longévité est plus grande et ses accroissements annuels restent très soutenus jusqu'à un âge plus avancé. *Pinus merkusii* est ainsi plus désigné pour la fabrication de bois d'œuvre. Dans les forêts de *Pinus merkusii* traitées en vue de la production de la gomme, on constate néanmoins qu'il est très vite fatigué par le gemmage et à partir d'un certain moment, accuse des accroissements annuels presque insignifiants, de l'ordre de 2 mm et même moins. Il serait peut-être nécessaire de faire un choix de façon définitive entre production de bois d'œuvre et production de résine, d'autant plus que la perte de bois d'œuvre qui résulte d'un gemmage défectueux se trouve rarement compensée par la valeur de la résine obtenue. La conclusion qui s'impose serait, ou de cesser les gemmages, ou de les conduire avec des techniques meilleures.

VU ET APPROUVÉ :

Nancy, le 17 Juin 1965

Le Doyen de la Faculté des Sciences de Nancy,

J. AUBRY.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Nancy, le 23 Juin 1965.

Le Recteur,

Président du Conseil de l'Université,

P. IMBS.

BIBLIOGRAPHIE

1. ANONYME. — Rapport concernant la situation de l'économie forestière au Vietnam. 1953. Administration des Eaux et Forêts du Vietnam.
2. ANONYME. — Dossiers d'aménagement et de mise en réserve des Forêts de Manline, KlangYang, Trambo, Dapla, Papeng, Prey, Pongour, Yankar, Dangia, Dargna. Administration des E. et F. du Vietnam.
3. ANONYME. — Rapport sur la Rés. de Klangyang. Ad. des E. et F. du Vietnam.
4. ANONYME. — *P. khasya* et *P. merkusii*. Méthodes de plantation. Ad. et F. du Vietnam.
5. ANONYME. — Pins d'Indochine. Bois et Forêts des Tropiques, 1954, n° 35.
6. ANONYME. — *P. khasya* Royle. Caractères sylvicoles et méthodes de plantation. B. et F. des Tropiques, 1960, n° 69.
7. ANONYME. — *P. merkusii* J. et de Vr. Caractères sylvicoles et méthodes de plantation. B. et F. des Tropiques, 1959, n° 64.
8. AUBERT G. et DUCHAUFOUR Ph. — Projet de classification des sols. 6° Congr. Intern. Sc. du Sol, 1956.
9. AUBERT G. — Les sols latéritiques. C.R. 5° Congr. Intern. Sc. Sol. 1954.
10. AUBERT E. — Observations sur le rôle de l'érosion dans la formation de la cuirasse latéritique. Conf. Afric. Sols Goma. Mommun. 1950, n° 66.
11. AUBERT G. — Observations sur la dégradation des sols et la formation de la cuirasse latéritique dans le N-W du Dahomey. Congr. Intern. Sc. Sol Amsterdam, 1950, III, 223, pp. 127-128.
12. AUBERT G. et LENEUF N. — Essai d'évaluation de la vitesse de ferrallitisation. 7° Congrès Inter. Sc. Sol., 1960.
13. AUNG DIN. — Pines for Tropical Areas. Unasylva, 1958, vol. 12, n° 3.
14. BAUR. — Les Pins et les Tecks du Tran Ninh. B. E. Ind., 1911.
15. BECKING J.H. — Silviculture of *P. merkusii* in the Tropics. Schweiz. Z. Forestw. 1950, 101 (5), pp. 181-191.
16. BLONDEL F. — Sur les terres rouges et les phénomènes d'altération des roches en Indochine française. C.R. Ac. Sci., Paris, 1927.
17. BLONDEL F. — L'érosion en Indochine. Congr. Intern. Géogr. Pairs, 1931.
18. BONNEAU M. et DUCHOUFOUR Ph. — Quelques aperçus sur la nutrition minérale des résineux. Commun. Congr. I.U.F.R.O. Vienne, 1961.
19. BOULBET J. — Description de la végétation en pays Ma. Bull. Soc. Et. Indochinoises, 1960, 35, pp. 454-574.
20. BUSSY P. — Les terres de Cochinchine. La Cochinc. Agric., 1927.
21. CAILLEUX A. et TAYLOR G. — Notice sur le Code expolaire. Ed. N. Boubée et Cie. Paris, 1958. — Code expolaire. Ed. N. Boubée et Cie, Paris, 1958.
22. CARTON P., BRUZON E. et ROMER A. — Le climat de l'Indochine et les typhons de la Mer de Chine, 1940.
23. CARTON P. et SALLENAVE P. — Considérations sur l'action réciproque des forêts et des climats. B.E.I., 1938.

24. CASTAGNOL E.M. — Contribution à l'étude des terres rouges basaltiques et dacitiques des Hauts Plateaux du Sud-Indochinois. 1952.
25. CASTAGNOL E.M. et TU P.G. — Etudes des principaux types de latérites d'Indochine. B.E.I., 1940.
26. CHAMPSOLOIX R. — Le pin à trois feuilles du Langbian. B. et F. des Tropiques, 1958, n° 57.
27. CHAMPSOLOIX R. — Les forêts des Pays Montagnards du Sud. Arch. Ad E. et F. VN. Inédit.
28. CHAMPSOLOIX R. — La forêt claire du Sud-Est Asiatique. B. et F. des Trop., 1959, n° 64.
29. CHEVALIER A. — Notes sur les Conifères de l'Indoch. Rev. Bot. App. et Agr. tropicale. 1944.
30. CHEVALIER A. — *Pinus L.* Rev. Bot. App. et Agr. Tr., 1944, tome XXIV, pp. 24 et suiv.
31. CHEVALIER A. — Dégénération des sols tropicaux causée par les feux de brousse et formations végétales progressives qui en sont la conséquence. C.A. Ac. Sci. Paris, 1929.
32. CHITTENDEN F.J., F.L.S., V.H.M. — Conifers in cultivation. The report of the Conifer Conference held by the Royal Horticultural Society. 1931.
33. CLAVERIA J.R. — Growing Benguet Pine (*P. insularis* Endl.) in Cebu province. The Philippine Journ. of Forestry, 1954, vol. 9, nos 1-4.
34. DALLIMORE W. et JACKSON A.B. — A Handbook of Coniferae. E. Arnold. 1961.
35. DAME-BO. — Les populations montagnardes du Sud-Indochinois. R.F.A., 1949.
36. DEBAZAC E.F. — Manuel des Conifères. 1964.
37. DEBAZAC E.F. — Morphologie et sexualité chez les Pins. R.F.F., av. 1963.
38. DEMOLON A., LEROUX D. — Guide pour l'étude expérimentale du sol. 1933.
39. DEMOLON A. — La dynamique du sol. 1952.
40. DEMOLON A. — La génétique des sols. « Que sais-je? », 1949.
41. DOMMERGUES Y. — Dynamique microbienne des sols en zone semi-aride et en zone tropicale sèche. Ann. Agr., 1962.
42. DUCHAUFOR Ph. — L'humus for. et les facteurs de sa décomposition. R.F.F., 1950.
43. DUCHAUFOR Ph. — Sur la minéralisation de l'azote dans les humus forestiers. C.R. Acad. d'Agriculture. 1951.
44. DUCHAUFOR Ph. — Lessivage et Podzolisation. R.F.F. 1951.
45. DUCHAUFOR Ph. — De l'influence de la chaleur et des radiations sur l'activation de l'humus for. R.F.F. 1953.
46. DUCHAUFOR Ph. — Evolution des sols for. en liaison avec la végétation for. R.F.F. 1954.
47. DUCHAUFOR Ph. — Note sur l'influence de l'incinération sur l'évolution de l'humus. R.F.F. 1954.
48. DUCHAUFOR Ph. — L'action des divers types d'humus sur les processus d'entraînement dans le sol forestier. R.F.F. 1957.
49. DUCHAUFOR Ph. — Sur la dynamique de l'aluminium dans les sols podzoliques. C.R. Acad. Sc. Paris, 1964.
50. DUCHAUFOR Ph. — Dégénération de la structure des sols for. R.F.F. 1957.
51. DUCHAUFOR Ph. — Humus actif et humus inerte. Ann. Ec. Nat. E. et F. 1953.
52. DUCHAUFOR Ph. — Note sur l'influence du fauchage de la litière sur l'évolution des sols et de la végétation des forêts du S-W. R.F.F., 1957.

53. DUCHAUFOR Ph. et DOMMERGUES Y. — Etudes des composés humiques de quelques sols tropicaux et subtropicaux. 1963.
54. DUCHAUFOR Ph. et JACQUIN F. — Recherche d'une méthode d'extraction et de fractionnement des composés humiques contrôlée par l'électrophorèse. Ann. Agr. 1963.
55. DUCHAUFOR Ph. et JACQUIN F. — Note sur l'évolution de la matière organique dans les sols. C.R. Acad. Agric. France. 1959.
56. DUCHAUFOR Ph. et MANGENOT — Recherches sur l'évolution expérimentale de certains humus. Humification biologique et abiologique. Ann. Agr. 1957.
57. DUCHAUFOR Ph. — Tableaux descriptifs et analytiques des sols. 1957.
58. DUCHAUFOR Ph. — Précis de Pédologie. 1965.
59. ERHART H. — L'influence de l'origine géologique et des facteurs extérieurs sur la formation et la valeur des terres latéritiques de l'Est de Madagascar. 1926.
60. FERGUSON J.H.A. — Growth and Yield of *Pinus merkusii* in Indonesia. Commun. 43 of For. Res. Inst. Bogor. 1954.
61. Mlle de FERRÉ Y. — Une nouvelle espèce de Pin au Vietnam, *P. dalatensis*. tome I, vol. VI, art. IV. Toulouse. Fac. Sc. 1960.
62. Mlle de FERRÉ Y. — Les formes de jeunesse des Abiétacées. Ontogénie. Phylogénie, tome II, vol. III, art. 1. Toulouse. Fac. Sc. 1952.
63. FEVRARD. — La flore du massif du Langbian. B.E.I. 1927, pp. 101-113.
64. FORBÉ et TROJANI. — Etudes des principaux bois d'Indochine. 1938.
65. FURON R. — L'érosion du sol. 1940.
66. GAMBLE J.S. — A Manual of Indian Timbers. 1922.
67. GAUSSEN H. — Les Gymnospermes actuelles et fossiles. 1960.
69. GOODRICH CARTER. — Les perspectives du développement économique au Vietnam. Arch. Ad. E. et F. VN. Inédit.
69. GOURON P. — La terre et l'homme en Extrême-Orient. 1933.
70. GOURON P. — L'utilisation du sol en Indoch. française. 1940.
71. GREGUSS Pal. — Identification of living Gymnosperms on the basis of xylotomy. Akademial Kiado. Budapest. 1955.
72. HAIG I.T., HUBERMAN M.A. et U AUNG DIN. — Tropical Silviculture. F.A.O. Rome, 1958.
73. HACKMANN et VORNDRAN. — Rapport au Gouvernement du Vietnam concernant l'évolution et les possibilités de développement de la sylviculture et l'économie du bois vietnamienne. 1960.
74. HÉNIN S. — Etat actuel de la physique du sol. INRA, 1934, pp. 611-626.
75. HÉNIN S. — Idées actuelles sur l'eau du sol et ses rapports avec la plante. Ann. Agron., 1936, VI, pp. 723-741.
76. HÉNIN S. et AUBERT G. — Relation entre le drainage, la température et l'évolution des sols. C.R. Acad. Sci., 1945, pp. 330-331.
77. HENRY Yves. — Terres rouges et terres noires basaltiques d'Indoch., 1931.
78. HICKEL. — Les conifères d'Indochine. Bull. Soc. de Dendrologie de France, 1930, n° 76.
79. D'HOORE J. — L'accumulation des sesquioxides libres dans les sols tropicaux. Publications Inst. Nat. Et. Agron. Congo Belg. 1954.
80. HUET M. — Détermination des différentes espèces de Pins par l'étude anatomique de l'aiguille. 1933.
81. HUFFEL. — Economie forestière. 1926.
82. LACROIX A. — Contribution à la connaissance de la composition chimique et minéralogique des roches éruptives de l'Indoch. Bull. Serv. Géol. Indoch., 1933 (XX-3).
83. LAMB A.F.A. — First impressions on tropical pines in east central and south Africa. 1964. Inédit. Aimablement communiqué par l'auteur.
84. LECOMTE H. — Un pin remarquable de l'Annam. Bull. Mus. nat. Hist. nat. 1921.
85. LECOMTE H. — Les bois de l'Indochine. 1926.

86. LECOMTE H. — Atlas des bois d'Indochine. 1926.
87. LECOMTE H. — Sapindacées nouvelles d'Indochine (Not. System., 1911, t. I).
88. LECOMTE H. — Sur une Sapindacée du Siam (Bull. Soc. Bot. France, 1912).
89. LETOURNEUX C. — Les méthodes de plantations forestières en Asie tropicale. F.A.O. Cahier n° 11, 1957.
90. LIZARDO L. — Natural regeneration in Pine forests. Philippine Jour. of Forestry, 1955, vol. 11, n° 3-4.
91. LIZARDO L. — Benguet Pine (*P. insularis*) as a reforestation Crop. The Philippine Jour. of For., 1952.
92. MACEY P. — Peuplements de Pins au Cammon. B.E.I. 1908.
93. MAGUNDIKORO, APANDI et DEPARI K.S. — Insect and Fungus attack in the P. merkusii forest of N. Sumatra. Rimba Indonesia, 1958, 7.
94. MANGENOT G. — Recherches sur la végétation dans les régions tropicales humides de l'Afrique occidentale; Actes du Colloque de Kandy - UNESCO, 1956.
95. MAURAND P. — Une richesse ignorée: les forêts de pins à deux feuilles du Langbian. 1938.
96. MAURAND P. — L'Indochine forestière. 1943.
97. MAURAND P. — Lest forêts clairières du Sud Indochinois. 1943.
98. MER. — Moyens d'accroître la production du bois d'œuvre. R.E.F., 1906.
99. MER. — Influence de la dimension des arbres sur l'efficacité des éclaircies. R.E.F., 1919.
100. MIROV N.T. — Phenology of Tropical Pines. Journ. of the Arnold Arboretum, 1962, 43, 218-9.
101. MIROV N.T. — Note on the Relationships of *P. merkusii*. Journ. of the Arnold Arboretum, Vol. 43, 108.
102. MOHR E.C.J. et VAN BAREN F.A. — Tropical Soils, 1954.
103. MOORMANN F.R. — Les sols de la République du Vietnam. 1961.
104. MOORMANN F.R. — Les formations latéritiques au Vietnam. Dir. Rech. Agr. Saigon. 1961.
105. NEANG-SAM-OL, ROLLET et HOI L.V. — Les forêts claires du Sud-Indochinois. C.R.S.T. du Cambodge, du Laos et du Vietnam. 1952.
106. PERRIN. — Théories actuelles sur les éclaircies. A.A.E.F., 1926.
107. PÉTELOT A. — Bibliographie botanique de l'Indochine. Arch. Rech. Agr. Saigon, 1955, n° 24.
108. POLGE H. — Délimitation de l'aubier et du bois de cœur par analyse densitométrique de clichés radiographiques. 1964.
109. POLGE H. — Le bois juvénile des conifères. RFF. 1964.
110. POLGE H. — Recherches sur l'utilisation des prélèvements effectués à la tarière de Pressler pour l'étude des propriétés physiques et mécaniques du bois. RFF, oct. 1962.
111. POLGE H. — Contribution à l'étude de la qualité du bois des principales essences résineuses exotiques utilisées dans les reboisements français. 1963.
112. POLGE H. — L'analyse densitométrique de clichés radiographiques. 1963.
113. PORTÈRES Roland. — Plantes indicatrices du niveau de fertilité du complexe cultural édapho-climatique en Afrique tropicale. « L'Agronomie tropicale ». Nogent, 1948.
114. ROLLET. — Pour un inventaire forestier du Vietnam. Commun. au 4^e Congrès For. Intern., Dehra Dun, 1954.
115. ROLLET. — Etudes sur les forêts claires du Sud Indoch. Arch. Rech. For. Saigon. 1952.
116. ROGUES M. — Mécanisme de l'altération des granites. Bull. A.F.E.S., 1956.

117. SARLIN P. — La pédologie forestière dans les pays tropicaux. B. et F. des Tropiques, 1963, n° 88.
 118. SAURIN Ed. — Etudes géologiques sur l'Indochine du S-E. 1935.
 119. SAURIN Ed. — Notices sur la carte géolog. de l'Indoch. au 1/500 000°. 1937.
 120. SAVORY B.M. — The taxonomy of *Pinus khasya* R. and *Pinus insularis*. End. Emp. For. Rev., March, 1962.
 121. SCHAEFFER A. — Futaie jardinée et futaie claire. 1927.
 122. SCHMID M. — Contribution à la connass. des sols du V.N.; le Massif Sud-Annamitique et les régions limitrophes. Cahiers de l'ORSTOM. 1963.
 123. SCHMID M. — Contribution à la conn. de la végétation du V.N.: le Massif Sud-Annamitique et les régions limitrophes. 1962.
 124. SCHMID M. de la SOUCHÈRE P. et GODARD G. — Les sols et la végétation au Darlac et sur le Plateau des Trois-Frontières. 1951.
 125. SCHNELL. — Les forêts montagnardes de la région de Dalat. Rev. générale de Botanique, 1962, tome 69.
 126. SHAW G. RUSSEL. — The Genus *Pinus*. 1914.
 127. SEGALEN P. — Etude des sols dérivés de roches volcaniques basiques à Madagascar. Mém. Inst. Sci. Mad. 1957, Série D. VIII.
 128. SYS C. — The significance of clay skins in certain soils of Ituri (Belgian Congo) Proc. 3rd intern. afr. Soils Conf., 1959.
 129. Soil Survey St, Soil Conservat. S., U.S. Dep. of Agr. — Soil classification. 1960.
 130. TKATCHENKO. — Contr. à l'étude pédologique de quelques sols dacitiques du Haut-Donnaï. B.E.I. 1941.
 131. TKATCHENKO. — Remarques sur les processus de latérisation des terres grises. B.E.I. 1936.
 132. VIDAL J. — La végétation au Laos. Labo. Forestier Toulouse. Fac. Sc. 1956.
 133. WECK J. — Conifers in the Tropics. Reprinted from Forstwiss. Chl., 1958, 77.
-

ANNEXE

COMPTES RENDUS DETAILLES DES ANALYSES DE SOLS

SOL n °1
Station de Manline: forêt feuillue dense primaire sur granite.
Analyse de la terre fine sèche à l'air :

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 2(3) en g %	Al 2(3) en g %
A ₁	15,7	7,8	0,43	18	4,1	10,0	20	27,5	26,8	2,77	9,31
B	5,3	3,1	0,18	17	4,6	32,2	14	46,1	2,4	4,30	7,98
Zt	0,5				4,9	25,5	19	53,7	1,3	2,57	1,99

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			C AF + AH	Complexe absorbant (2)		
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T pH 7	S	S/T
A ₁	1,83	1,80	45	38	17	23	20,87	0,7	3
B	0,27	0,49	35	33	32	12	10,25	0,6	6
Zt							2,12	0,4	19

SOL n ° 2
Station de Pampei: Forêt feuillue dense primaire avec *Pinus khasya* en bordure.
Analyse de la terre fine sèche à l'air :

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 2(3) en g %	Al 2(3) en g %
A ₁	14,6	7,30	0,29	25	5,30	10,4	24,8	47,03	3,17	1,21	1,51
B	0,4	0,23	traces		5,35	10,7	43,1	44,93	0,87	2,01	5,98
Zt					5,35	16,0	39,0	44,04	0,96	1,02	1,36

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			C AF + AH	Complexe absorbant (2)		
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T pH 7	S	S/T
A ₁	1,11	2,5	28	37	35	24	23,87	1,65	7
B							4,50	0,70	15
Zt							4,75	0,70	15

(1) L'horizon A₀ n'a pas été prélevé. (2) en milliéquivalents pour 100 g.

SOL n° 3

Station de Manline: forêt de *Pinus khasya* sur granite, sans incendies.
Analyse de la terre fine sèche à l'air:

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	1120	Fe 2O3 en g %	Al 2O3 en g ¹⁰⁰ /mm
A ₁	17,3	8,7	0,25	35	4,90	24	13	42,57	3,13	1,14	1,53
B ₁	28,0	14,0	0,43	32	5,05	25	6	38,00	3,00	1,14	1,99
B ₂	12,4	6,2	0,22	28	5,10	29,2	7	48,79	2,61	1,28	2,45

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			CAF + AH	Complexe absorbant (2)		
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T pH 7	S	S/T
A ₁	1,60	2,32	11	41	48	22	30,5	0,8	2,6
B ₁	2,50	4,90	22	32	46	26	40,5	0,9	2,2
B ₂	1,16	1,85	16	26	58	24	24,6	0,5	2,0

SOL n° 4

Station de Prenn: forêt de *Pinus khasya* sur granite, sans incendies.
Analyse de la terre fine sèche à l'air:

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	1120	Fe 2O3 en g %	Al 2O3 en g ¹⁰⁰ /mm
A ₁	14,6	7,3	0,26	29	4,9	30	36	17,32	2,08	3,14	9,50
A ₂	3,6	2,2	0,07	29	4,9	30	38	27,25	1,15	3,68	4,27
B	0,8	0,5	0,018	27	5,1	33	40	24,76	1,74	3,74	1,56
B/C	2,7	1,6			5,3	23	42	30,64	1,66	4,97	6,61

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			CAF + AH	Complexe absorbant (2)		
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T pH 7	S	S/T
A ₁	0,67	2,62	31	42	27	22	24,25	1,4	7
A ₂	0,55	0,53	14	28	58	24	10,75	0,7	6
B							4,37	0,6	13
B/C							4,50	0,6	13

(1) L'horizon A₀ n'a pas été prélevé. (2) en milliéquivalents pour 100 g.

SOL n° 5

Station de Ham-da: forêt de *Pinus khasya* sur granite, sans incendies.
Analyse de la terre fine sèche à l'air:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A ₁	5,7	3,5	0,09	37	5,1	31	6,2	55,43	1,67	1,40	8,87	
B ₁	11,8	5,9	0,25	24	5,1	31	8,0	44,60	4,60	1,60	1,53	
B ₂	3,3				5,5	32,5	13,3	47,56	6,34	2,38	1,61	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A ₁	1,02	1,40	26	39	35	34	13,00	1,55			12	
B ₁	2,26	2,75	22	37	41	42	18,12	1,05			6	
B ₂								1,67	0,60		32	

SOL n° 6

Station de Suoivang: forêt de *Pinus khasya*, incendies très fréquents
Analyse de la terre fine sèche à l'air:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A ₁ A ₂	2,2	1,5	0,21	36	5,1	22,8	9,8	49,60	2,80	1,05	1,54	
B	2,8	1,6	0,06	25	5,0	25,8	7,9	60,60	2,90	1,47	5,26	
B ₂ C	0,4	0,2	0,014	14	6,0	30,7	9,2	54,68	5,02	1,40	1,48	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A ₁ A ₂	1,52	3,20	31	28	41	30	23		0,9		4	
B	0,54	0,43	16	27	57	24	8		0,6		7	
B ₂								2,62	0,35		20	

1) L'horizon A₀ n'a pas été prélevé. (2) en millier d'équivalents pour 100 g.

SOL n° 7

Station de Camly: forêt de *Pinus khasya*, incendies fréquents.
Analyse de la terre fine sèche à l'air:

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 2O ₃ en g %	Al 2O ₃ en g %
A ₁	5,1	3,0	0,09	31	4,95	8,8	23,6	57,95	4,55	1,21	1,54
A ₁ A ₂	3,1	1,8	0,07	24	4,90	8,8	25,7	49,74	12,66	1,51	3,67
A ₂	2,7	1,6	0,06	28	4,80	8,0	26,5	49,53	13,27	1,60	3,55
B					5,45	11,4	30,0	48,18	10,42		

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			CAF+AH	Complexe absorbant (2)		
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T _{pH 7}	S	S/T
A ₁	0,63	0,50	39	40	21	19	7,62	0,8	10
A ₁ A ₂	0,38	0,14	28	31	41	14	7,50	1,1	14
A ₂							7,37	1,0	13
B							3,01	0,8	26

SOL n° 8

Station d'Ankroët I: Mamelon dénudé, recouvert par endroits d'un tapis de graminées.
Analyse de la terre fine sèche à l'air:

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 2O ₃ en g %	Al 2O ₃ en g %
A ₁	8,2	4,80	0,32	15	4,5	41	30	15,60	5,20	3,25	5,22
B	1,9	1,10	0,10	11	4,7	40	35	22,79	0,31	3,28	5,47
B/C	0,4	0,25	0,02	14	4,9	38	35	25,84	0,76	3,42	1,08

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			CAF+AH	Complexe absorbant (2)		
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T _{pH 7}	S	S/T
A ₁	1,26	1,84	38	34	28	32	13,8	1,1	8
B	0,42	0,14	22	42	36	25	9,0	0,8	9
B/C							2,6	0,9	34

(1) L'horizon A₀ n'a pas été prélevé. (2) en milliéquivalents pour 100 g.

SOL n° 9

Station d'Ankroët II: Mamelon dénudé, recouvert souvent d'un tapis de graminées.

Analyse de la terre fine sèche à l'air:

Designation des horizons (1)	Mat. org. g/g	C g/g	N g/g	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 200 ² en g/g	Al 200 ² en g/g
A ₁	12,5	6,3	0,29	22	4,5	26	49,0	7,29	5,21	2,31	5,45
B	0,8				5,2	28	57,6	13,19	0,41	2,40	3,57
B/C					5,3	29	56,6	13,99	0,41	3,00	1,80

Designation des horizons (1)	Composés organ.			Categorie. Arg. en %			CAF = AH			Complexe adsorbant (2)		
	Al g/g	AH g/g		B	I	G	Ct	T H ₂ O	S	S.T		
A ₁	1,51	1,17		25	25	50	20	13,65	1,10	8		
B								1,77	1,15	20		
B/C								4,29	0,90	21		

SOL n° 10

Station d'Ankroët III: Mamelon dénudé, recouvert par endroit d'un tapis de graminées.

Analyse de la terre fine sèche à l'air:

Designation des horizons (1)	Mat. org. g/g	C g/g	N g/g	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 200 ² en g/g	Al 200 ² en g/g
A ₁	8,6	5,0	0,30	16	4,45	58,0	23,7	5,75	3,95	4,2	6,27
B	4,8	2,8	0,17	16	5,10	57,5	28,2	5,40	4,10	7,0	4,29
B/C	1,9	1,1			5,45	55,0	29,7	8,15	5,25	6,0	2,96

Horizon (1)	Composés organ.		Categorie. Arg. en %			CAF = AH	Complexe adsorbant (2)		
	Al %	AH %	B	I	G	Ct	T H ₂ O	S	S.T
A ₁	1,24	0,80	20	30	50	20	13,75	1,1	8,0
B	0,61	0,41	18	32	50	20	12,62	1,0	7,9
B/C							5,00	0,9	18,0

(1) L'horizon A₁ n'a pas été prélevé. (2) en milliéquivalents pour 100 g.

SOL n° 11

Station d'Ankroët IV : Mamelon dénudé, recouvert par endroits d'un tapis de graminées.

Analyse de la terre fine sèche à l'air :

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 2O ₃ en g %	Al 2O ₃ en g %
A ₁	8,56	4,60	0,26	18	4,9	60,5	17,50	12,64	0,83	3,14	5,28
B	3,65	2,12	0,14	15	5,0	56,0	28,02	11,73	0,66	5,82	3,72
B/C	1,10	0,64	0,03	19	5,3	45,5	40,50	11,67	1,23	3,71	1,60

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			CAF + AH	Complexe absorbant (2)		
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T pH 7	S	S/T
A ₁	1,11	0,77	9	30	61	20	13,62	1,15	8,4
B							8,57	0,75	8,5
B/C							3,50	0,60	17,1

SOL n° 12

Station de Nuytu : Mamelon dénudé, recouvert par endroits de graminées.

Analyse de la terre fine sèche à l'air :

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 2O ₃ en g %	Al 2O ₃ en g %
A ₁	6,6	3,9	0,23	17	4,85	50	22,60	19,91	0,89	2,97	4,20
B	4,5	2,6	0,13	20	5,40	44	39,07	11,78	0,65	3,57	4,10
B/C	0,9	0,5	0,03	14	5,40	44	43,48	9,04	2,58	4,82	1,74

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			CAF + AH	Complexe absorbant (2)		
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T pH 7	S	S/T
A ₁	1,11	0,54	26	40	34	21	13,25	0,70	5
B	0,57	0,13	15	32	53	13	9,37	0,65	7
B/C							7,50	0,60	8

(1) L'horizon A₀ n'a pas été prélevé. (2) en milliéquivalents pour 100 g.

SOL n° 13

Station de Dahoi: Mamelon dénudé recouvert par endroits de graminées.
Analyse de la terre fine sèche à l'air:

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 2O ₃ en g %	Al 2O ₃ en g %/an
A ₁	7,4	4,3	0,20	21	4,8	55	25	11,36	1,24	3,42	6,46
B	1,0	0,6	0,03	18	5,7	55	35	8,33	0,67	4,60	4,86
B/c	0,3	0,2	0,01	25	5,6	40	41	7,00	11,70	4,54	1,55

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			CAF+ AH	Complexe absorbant (2)		
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T pH 7	S	S/T
A ₁	1,2	0,8	2I	5I	28	23	16,37	0,80	5
B							6,05	0,65	13
B/c							5,87	0,84	14

SOL n° 14

Station de Gougah: Forêt de *Pinus merkusii* en peuplements presque purs,
sur basalte. Analyse de la terre fine sèche à l'air:

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 2O ₃ en g %	Al 2O ₃ en g %/an
A ₁₂	2,6	1,6	0,06	27	4,75	17,0	22,0	58,07	0,33	2,88	1,39
B	1,4				4,75	36,5	26,0	35,70	0,40	4,40	1,14
-120	0,7				4,90	38,0	25,0	35,75	0,55	3,54	1,90
-200	0,4				5,45	14,7	23,5	61,17	0,23	2,71	1,50

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			CAF+ AH	Complexe absorbant (2)		
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T pH 7	S	S/T
A ₁₂	0,43	0,59	24	37	39	32	8,12	1,4	17
B							9,50	0,5	5
-120							9,75	0,5	5
-200							6,62	0,7	10

(1) L'horizon A₀ n'a pas été prélevé. (2) en milliéquivalents pour 100 g.

SOL n° 15

Station de Blao P.2: Forêt de *Pinus merkusii* en peuplement mélangé sur basalte.

Analyse de la terre fine sèche à l'air :

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 2O ₃ en g %	Al 2O ₃ en g %/100
A ₁₂	3,0	1,7	0,05	34	5,1	13	39	46,71	0,29	0,94	1,90
B	0,3	0,2	0,01	20	4,6	19	37	43,47	0,23	1,14	1,36
-80	0,4	0,3	0,02	15	4,7	54	22	22,99	0,56	3,60	2,72
-120	0,2	0,1			4,7	54	35	9,47	1,33	3,05	2,85

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			CAF + AH	Complexe absorbant (2)		
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T pH 7	S	S/T
A ₁₂	0,33	0,53	20	32	48	25	6,00	1,9	3I
B							5,75	0,7	12
-80							11,37	0,6	6
-120							15,75	0,5	3

SOL n° 16

Station de Blao P.3: Forêt de *Pinus merkusii* en peuplement mélangé sur basalte.

Analyse de la terre fine sèche à l'air :

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 2O ₃ en g %	Al 2O ₃ en g %/100
A ₁₂	6,2	4,0	0,16	25	5,3	76	6,6	9,76	1,44	8,14	5,89
B	0,9	0,5	traces		5,5	82	6,0	10,24	0,86	6,57	3,08
B/C	0,7	0,4	traces		5,5	76	12,0	10,64	0,70	8,31	4,37

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			CAF + AH	Complexe absorbant (2)		
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T pH 7	S	S/T
A ₁₂	0,73	0,68	30	34	46	17	16,25	1,80	11,0
B							8,25	0,35	4,3
B/C							7,95	0,35	4,4

(1) L'horizon A₀ n'a pas été prélevé. (2) en milliéquivalents pour 100 g.

SOL n° 17

Station de Finnomo: Forêt de *Pinus merkusii* en peuplement mélangé sur basalte.

Analyse de la terre fine sèche à l'air:

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 2O ₃ en g %	Al 2O ₃ en g % ₁₀₀
A ₁₂	2,7	1,6	0,07	23	5,60	17,0	34,5	45,32	0,48	1,58	2,28
B	2,1	1,2	0,06	20	5,35	22,0	32,0	43,54	0,36	0,85	1,84
-80	0,6	0,4	0,02	20	5,35	25,6	32,4	40,54	0,86	2,00	1,73
-120	0,4	0,2	traces		5,65	44,0	25,0	29,27	2,33	5,57	1,85

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			CAF + AH	Complexe absorbant (2)			
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T pH 7	S	S/T	
A ₁₂	0,32	0,52	20	34	46	26	7,75	1,90	24	
B	0,14	0,08	18	35	47	9	6,13	1,01	16	
-80							5,01	0,45	9	
-120							14,75	3,68	25	

SOL n° 18

Station de Langhanh: Forêt de *Pinus merkusii* en peuplement mélangé sur basalte.

Analyse de la terre fine sèche à l'air:

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 2O ₃ en g %	Al 2O ₃ en g % ₁₀₀
A ₁₂	5,0	2,7	0,10	27	5,35	50,5	15,5	27,13	1,87	6,11	7,22
B	0,8	0,5	traces		5,35	77,5	10,7	9,92	2,08	8,14	4,65
B/C	0,2	0,1	traces		5,40	48,7	19,7	30,33	1,07	7,42	5,62

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			CAF + AH	Complexe absorbant (2)			
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T pH 7	S	S/T	
A ₁₂	0,63	0,92	8	39	53	27	20,01	6,9	34	
B							11,87	1,8	15	
B/C							15,87	1,8	11	

(2) en milliéquivalents pour 100 g. (1) L'horizon A₀ n'a pas été prélevé.

SOL n° 19

Station de Gioclang : Forêt de *Pinus merkusii* en peuplement mélangé sur grès.
Analyse de la terre fine sèche à l'air :

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 2O ₃ en g %	Al 2O ₃ en g %
A ₁₂	3,3	0,50	0,02	25	4,7	16,0	26,0	54,39	0,31	1,85	1,60
B	1,7	1,01	0,05	20	4,8	29,3	23,2	45,23	0,57	3,88	2,18
B/C					5,0	35,0	21,5	37,9	4,60	4,11	2,94

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			C AF + AH	Complexe absorbant (2)		
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T pH 7	S	S/T
A ₁₂	0,20	0,14	16	40	44	34	8,25	21,01	25
B							9,87	4,25	43
B/C							11,37	1,15	10

SOL n° 20

Station de Blao P.L. : Forêt de *Pinus merkusii* en peuplement mélangé sur
schiste.
Analyse de la terre fine sèche à l'air :

Désignation des horizons (1)	Mat. org. %	C %	N %	C/N	pH	Arg.	Lim.	Sable	H ₂ O	Fe 2O ₃ en g %	Al 2O ₃ en g %
A ₁₂	0,95	0,5	0,02	25	4,95	30,9	42,09	25,9	0,16	0,34	1,25
B	0,30	0,2	traces		5,50	33,6	27,97	37,9	0,23	0,28	1,73

Désignation des horizons (1)	Composés organ.		Catégories AH en %			C AF + AH	Complexe absorbant (2)		
	AF %	AH %	B	I	G	Ct	T pH 7	S	S/T
A ₁₂							3,87	0,65	18
B							3,01	0,45	15

(1) L'horizon A₀ n'a pas été prélevé. (2) en milliéquivalents pour 100 g.

TABLE DES MATIERES

	PAGES
AVANT-PROPOS	1
I. — INTRODUCTION	3
Importance du domaine boisé du Vietnam	3
<i>Pinus khasya</i> et <i>P. merkusii</i> dans l'économie forestière du Vietnam.	3
<i>Pinus khasya</i> et <i>P. merkusii</i> dans les essais d'introduction en zones tropicale et subtropicale	5
II. — APERÇU D'ENSEMBLE	9
CHAPITRE I. — LE CADRE	10
A. — <i>Le milieu physique</i>	10
1. — Relief	10
2. — Hydrographie	12
a — Orientation	12
b — Caractères généraux	13
c — Régime des eaux	13
3. — Géologie	14
a — Principaux affleurements	14
b — Stratigraphie	16
4. — Climat	17
a — La pluviométrie	17
b — L'humidité atmosphérique et les précipitations occultes	19
c — La température	20
B. — <i>Le milieu humain</i>	23
1. — Les hommes	23
2. — Les modes de cultures	23
CHAPITRE II. — LA FORÊT	25
A. — <i>Les forêts de Pinus khasya</i>	25
1. — Situation et contenance	25
2. — Aspect général	26
3. — Composition floristique	27
4. — Densité du peuplement	30

	PAGES
B. — <i>Les forêts de Pinus merkusii</i>	32
1. — Situation et contenance	32
2. — Aspect général	33
3. — Composition floristique	36
4. — Densité du peuplement	37
III. — ETUDE STATIQUE	39
CHAPITRE I. — DENDROLOGIE	39
A. — <i>Généralités</i>	39
B. — <i>Pinus khasya</i>	41
1. — Aires naturelles de répartition	41
2. — Caractères généraux	43
3. — Caractères morphologiques	44
a — Port	44
b — Ramification	44
c — Aiguilles	45
d — Inflorescences mâles et femelles	47
e — Graines	50
f — Plantules	51
g — Ecorce	52
h — Racines	52
C. — <i>Pinus merkusii</i>	52
1. — Aires naturelles de répartition	52
2. — Caractères généraux	56
3. — Caractères morphologiques	57
a — Port	57
b — Ramification	57
c — Aiguilles	57
d — Inflorescences mâles et femelles	59
e — Graines	60
f — Plantules	60
g — Ecorce	61
h — Racines	61
CHAPITRE III. — LE BOIS ET SES PROPRIÉTÉS	62
A. — <i>Pinus khasya</i>	62
1. — L'arbre	62

	PAGES
2. — Caractères anatomiques du bois	62
3. — Caractéristiques physiques	63
4. — Caractéristiques mécaniques	66
B. — <i>Pinus merkusii</i>	66
1. — L'arbre	66
2. Caractères anatomiques du bois	66
3. — Caractéristiques physiques	67
4. — Caractéristiques mécaniques	67
IV. — ETUDE DYNAMIQUE	71
CHAPITRE I. — ECOLOGIE	71
A. — <i>Pinus khasya</i>	71
1. — Facteurs climatiques	71
a — Température, pluviosité et humidité relative	71
b — Altitude	74
c — Lumière	74
2 — Facteurs édaphiques	76
a — Nature du sol	76
b — Influence du relief	76
c — Interaction du sol et du climat	77
3. — Facteurs biotiques	78
B. — <i>Pinus merkusii</i>	78
1. — Facteurs climatiques	78
a — Température et pluviométrie	78
b — Altitude	79
c — Lumière	79
d — Exposition	79
2. — Facteurs édaphiques	80
3. — Facteurs biotiques	81
CHAPITRE II. — EVOLUTION DES FORÊTS DE <i>Pinus khasya</i> ET DE <i>Pinus merkusii</i>	82
A. — Différents types de peuplements	83
1. — Forêts primaires	83
a — Aspect général	83
b — Composition floristique	84

	PAGES
2. — Forêts secondaires	85
a — Aspect général	86
b — Composition floristique	86
d — Exposition	75
B. — <i>Différents stades évolutifs des peuplements de Pinus khasya</i>	87
1, — Son origine	87
2. — Son évolution dans l'espace	88
3. — Son évolution dans le temps	89
C. — <i>Forêts claires et forêts de Pinus merkusii</i>	91
1. — Leur structure	91
2. — Leur flore	91
3. — Origine et évolution des forêts claires et des forêts de <i>Pinus merkusii</i>	92
CHAPITRE III. — DYNAMIQUE DES SOLS EN LIAISON AVEC CELLE DE LA VÉGÉTATION	94
A. — <i>Les sols sous forêts de Pinus khasya</i>	95
1. — Liste des placettes d'échantillonnage	96
2. — Etudes descriptives	96
3. — Etudes analytiques	103
a — Techniques d'analyse	103
b — Compte rendu des analyses	106
4. — Caractères généraux des sols formés sur granites	106
a — Sols normalement évolués	106
b — Sols remaniés	107
5. — Essai de synthèse	107
a — Sols formés sous forêt de feuillus « climax »	107
b — Sols formés sous forêt de <i>Pinus khasya</i> sans incendies	109
c — Sols formés sous forêt de <i>Pinus khasya</i> soumis aux incendies	110
d — Sols formés sur mamelons dénudés	111
B. — <i>Les sols sous forêts de Pinus merkusii</i>	114
1. — Liste des placettes d'échantillonnage	115
2. — Etudes descriptives	115

	PAGES
3. — Caractères généraux des sols sous forêts de <i>Pinus merkusii</i>	118
a — sur basaltes	118
b — sur grès et sur schistes	120
CONCLUSIONS	121
BIBLIOGRAPHIE	129
EN ANNEXE : Comptes rendus détaillés des analyses de sols	135

Imprimerie Georges Thomas - Nancy - Dépôt légal III-1966 - N° 712

